

La enseñanza de la ciencia en la Educación Básica

Antología sobre indagación

Formación docente



ISBN 978-607-96833-9-9



INNOVEC
Innovación en la Enseñanza de la Ciencia A.C.

La enseñanza de la ciencia en la Educación Básica

Antología sobre indagación

Formación docente

D. R. © 2017, Innovación en la Enseñanza de la Ciencia, A.C.

San Francisco 1626 int. 705
Colonia Del Valle
03100, Ciudad de México.
www.innovec.org.mx

1ª. Edición, diciembre de 2017

La enseñanza de la ciencia en la Educación Básica

Antología sobre indagación. Formación docente

ISBN 978-607-96833-2-0 (Obra completa)

ISBN 978-607-96833-9-9 (Volumen)

Hecho e impreso en México

Textos: Salvador Jara Guerrero, Wynne Harlen, Rosa Devés Alessandri,
Patricia López Stewart, Norman y Judith Lederman.

Edición y revisión de textos: Catalina Everaert Maryssael

Formación y diseño editorial: Abril Estefanía Jara Pérez

Otorgando el debido crédito se podrá hacer uso de la publicación sin necesidad de solicitar permiso por escrito a Innovación en la Enseñanza de la Ciencia, A.C.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN

7

.....

LA INDAGACIÓN: FUENTE DE LA CIENCIA

Salvador Jara Guerrero

11

.....

ENSEÑANZA DE LA CIENCIA PARA SU COMPRENSIÓN

Wynne Harlen

15

.....

LOS DESAFÍOS DE LOS DOCENTES PARA LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA BASADA EN LA INDAGACIÓN

EXPERIENCIA DESDE EL PROGRAMA ECBI EN CHILE

Rosa Devés Alessandri

27

.....

EL MODELO INDAGATORIO EN EL DESARROLLO PROFESIONAL DOCENTE

Patricia López Stewart

51

.....

ENSEÑAR Y APRENDER SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y SOBRE LA INDAGACIÓN CIENTÍFICA:

CREANDO CAPACIDADES A TRAVÉS DEL DESARROLLO PROFESIONAL SISTEMÁTICO

BASADO EN LA INVESTIGACIÓN

Norman G. Lederman

85

.....

PRESENTACIÓN

Un objetivo central del tercer volumen de esta *Antología sobre indagación*, es aportar elementos que enriquezcan la discusión sobre los procesos de formación que mejor conduzcan a los docentes a desarrollar prácticas efectivas de enseñanza de la ciencia basada en la indagación. Esto implica deliberar qué procesos resultan más eficaces para que los docentes consoliden sus saberes y su comprensión sobre la ciencia y su didáctica. Algunos de los retos que enfrentan actualmente los docentes en el aula implican transitar de la memorización a la comprensión, integrar el trabajo individual y el colaborativo, posicionar la importancia de la ciencia como una actividad humana, tanto por sus productos como por su forma de proceder, y seleccionar los contenidos dado el vertiginoso ritmo de generación de conocimiento de las sociedades contemporáneas. Los cinco artículos que presentamos a continuación aportan elementos valiosos para una reflexión profunda sobre cómo mejorar los procesos de formación docente, tomando en cuenta estos retos y la diversidad de contextos de la Educación Básica.

Este volumen comienza con el artículo *La indagación: fuente de la ciencia* del Dr. Salvador Jara Guerrero quien, de manera elocuente y ágil, nos comparte su visión sobre la ciencia. Así mismo nos señala la importancia de desarrollar un pensamiento científico, no sólo para quienes deciden dedicar su vida profesional a esta área del conocimiento sino para todos los ciudadanos. Con ejemplos claros y representativos de la vida cotidiana, nos muestra la relevancia de cultivar la capacidad de discernir entre la información falsa y aquella sustentada en evidencias. Igualmente señala la pertinencia de proceder de manera científica en la toma de decisiones para el bienestar personal y colectivo. El autor describe la ciencia como un proceso de indagación permanente en el que se confrontan alternativas para explicar un fenómeno determinado y en el que se plantean dudas o problemas. Recomienda alimentar este proceso de indagación día a día, para abrir espacio a la comprensión y mantener vigente el aprendizaje a lo largo de la vida.

En seguida se presenta el artículo *Enseñanza de la ciencia para su comprensión* de la Dra. Wynne Harlen, quien nuevamente demuestra su compromiso con la enseñanza de la ciencia, como lo hizo en los dos volúmenes anteriores. En esta ocasión, aporta una reflexión en torno a un tema medular: cómo lograr un aprendizaje con comprensión. Explica las

grandes limitaciones de priorizar la memorización como principal recurso de aprendizaje, a la manera de los sistemas tradicionales. En contraste, la autora retoma el modelo de enseñanza basada en la indagación que da sustento al aprendizaje por comprensión. También lo refiere para describir el proceso de construcción progresiva de las ideas científicas, partiendo de una noción sencilla y acortada a un hecho o fenómeno concreto, hasta el desarrollo de una idea más grande y general, que aborda el principio científico subyacente.

Harlen describe el papel de las habilidades de indagación y detalla los roles que deben desarrollar docentes y estudiantes para lograr la comprensión a través de la indagación. La evaluación no queda al margen. La autora ofrece una interesante argumentación para explicar la problemática que conlleva evaluar el desempeño de los estudiantes, en el marco de la enseñanza basada en la indagación y hace algunas anotaciones en relación a la globalmente citada prueba PISA.

Los desafíos de los docentes para la enseñanza de la ciencia basada en la indagación: Experiencia desde el Programa ECBI en Chile, dan sustento al tercer artículo de esta Antología. Este texto desarrollado en coautoría por las investigadoras Rosa Devés, Pilar Reyes y Andrea Elgueta, destaca aspectos medulares de la puesta en práctica del Programa de Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación en el contexto educativo chileno. El texto nos relata su evolución desde la etapa inicial hace más de 15 años hasta su más reciente incorporación al Programa ICEC: Curso de formación en indagación científica para la educación en ciencias. Nos provee una síntesis de sus elementos estructurales, contenidos curriculares y pedagógicos, recursos metodológicos para la planeación y organización didáctica, así como de los procesos de formación docente y de evaluación de los aprendizajes acordes con el enfoque indagatorio. Como aspecto central que da sustento al Programa ECBI están los intercambios institucionales a nivel nacional e internacional que convocan voluntades individuales y colectivas en la suma de esfuerzos para impulsar una educación eficaz en ciencias basada en la indagación.


Continuando con el artículo *El modelo indagatorio en el desarrollo profesional docente* de la Dra. Patricia López Stewart, en el que se describe la experiencia de formación continua de docentes que se lleva a cabo de manera exitosa en el marco del Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencia (ICEC) del Ministerio de Educación de Chile e implementado por la Universidad Alberto Hurtado.

El artículo nos muestra que, participando en este proceso de formación, los docentes logran cambiar sus concepciones acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia para adecuar sus prácticas a los hallazgos que sustentan las más recientes investigaciones de la pedagogía y la didáctica. El docente desempeña un rol distinto, ya no transmite conocimiento, sino que motiva a los estudiantes a plantear preguntas, a formular hipótesis y organizar la búsqueda de respuestas. Este proceso permite alcanzar un objetivo central de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación: que docentes y estudiantes participen activa y colaborativamente en la construcción de sus aprendizajes y en la consolidación de sus saberes, lo que les lleva no sólo a comprender y situarse en su entorno, sino a ser actores conscientes en el quehacer escolar, en la vida cotidiana y en el ejercicio ciudadano.

Finalmente, la investigación de Judith y Norman Lederman, *Enseñar y aprender sobre la naturaleza de la ciencia y sobre la indagación científica: creando capacidades a través del desarrollo profesional sistemático basado en la investigación*, nos presenta evidencia del impacto positivo de diversos elementos en los procesos de formación docente para la enseñanza de la ciencia. Señalan que la duración del programa de formación y la necesidad de abordar de manera explícita los contenidos *naturaleza de la ciencia* y la *indagación científica*, desde el punto de vista conceptual y pedagógico, son algunos de los elementos determinantes. Otra valiosa contribución de esta investigación es que demuestra que alcanzar una formación efectiva de docentes favorece sustancialmente el logro de aprendizaje de los estudiantes. De ahí la importancia de garantizar procesos de formación docente efectivos.

Por otro lado, este artículo nos presenta un ejemplo de cómo aprender ciencia haciendo ciencia. Para indagar científicamente sobre la formación docente se sometieron a prueba y contrastaron diversas actividades vinculadas con los procesos de formación. Los docentes participaron en pasantías, actividades de la *naturaleza de la ciencia* y de *indagación científica*, lecciones modelo, desarrollo curricular, retroalimentación entre pares sobre prácticas de enseñanza en el salón de clase, y prácticas de evaluación. A partir de las evidencias obtenidas se logran orientar los procesos de capacitación docente para mejorar los resultados de la educación científica.

Los cinco artículos reunidos atienden las interrogantes de ¿Qué debemos enseñar? y ¿Cómo debemos enseñarlo? Contar con esta información



a partir de casos de éxito, nos orienta para mejorar nuestros propios procesos de formación docente, nos aportan elementos que podemos replicar, y así dar pasos seguros al implementar los cambios hacia una enseñanza de la ciencia más efectiva.

Agradeciendo encarecidamente el gran compromiso de los distinguidos autores con la enseñanza de la ciencia basada en la indagación, sólo resta dar vuelta a la página e iniciar la lectura de estas valiosas aportaciones.

SALVADOR JARA GUERRERO

Es Licenciado en Ciencias Físico-Matemáticas por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Maestro en Tecnología Educativa por el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa, Maestro en Filosofía de la Cultura (UMSNH) y Doctor en Filosofía de la Ciencia (UNAM). Su área de investigación es la historia y la filosofía de la ciencia con énfasis especial en educación. Cuenta con publicación de libros y artículos en revistas especializadas y de divulgación científica. Desde octubre de 2015 ocupa el cargo de Subsecretario de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública.



LA INDAGACIÓN: FUENTE DE LA CIENCIA

.....

La ciencia es un proceso de indagación permanente en el que se confrontan alternativas que explican determinado fenómeno y en el que se plantean dudas o problemas.

En el momento en que se cuenta con más de una hipótesis para entender un hecho, es necesario indagar para saber cuál de las dos explicaciones es mejor o más realista, más viable y se acerca más a la verdad. Es por eso que la ciencia es el mejor ejemplo de un método indagatorio.

La indagación no es caminar en despoblado, no es andar en campo abierto y no saber hacia a dónde se va. La indagación surge cuando se tienen varios caminos, se quieren comparar dos alternativas, cuando se tienen varias hipótesis y se presenta un conflicto acerca de cuál es el mejor camino o el menos malo.

Quizás la inspiración más importante de un conflicto o de una diferencia es la duda que estuvo presente desde las primeras meditaciones de Descartes. En el momento en que se plantean las cuestiones de ¿quién soy? y ¿tenemos alma? se trazan varios senderos y se presenta la indagación como el camino para poder tomar una determinación y justificar cualquier creencia o cualquier saber que pretendamos que sea verdadero.

Actualmente mencionamos constantemente el pensamiento científico. Creemos en el pensamiento científico. Pero ¿qué es?, ¿a qué estamos llamando ciencia o pensamiento científico? Hoy día tenemos una

paradoja: como nunca antes en la historia de la humanidad tenemos información disponible para todos. Si en este momento yo planteo cualquier pregunta, ustedes buscarían en su celular la respuesta pero, ¿saben cuál es el porcentaje de noticias falsas que obtienen en internet?, ¿saben ustedes cuál es el porcentaje de charlatanería que tenemos alrededor?, ¿cuántos medicamentos de los que se anuncian podrían no tener ningún efecto o incluso ser dañinos?, ¿cómo sabemos que la ropa que tenemos puesta corresponde al porcentaje de algodón o poliéster que dice la etiqueta? Vale la pena reflexionar sobre ¿cómo sabemos lo que creemos?, ¿cómo nos defendemos de lo que nos dicen? y ¿cómo justificamos lo que decimos que sabemos?

Esta pregunta me lleva justamente al método por el que podemos librarnos de este riesgo y que nos permite saber qué es lo que podemos llamar ciencia.

Lo que hemos aprendido a lo largo de la historia es que la ciencia es un buen método, un buen procedimiento que nos ayuda a justificar de una manera realista y objetiva lo que creemos que sabemos. Hoy día, desgraciadamente muy poca gente tiene esta actitud científica.

En los medios de comunicación, en los discursos, en las pláticas cotidianas existe, con frecuencia, una falacia que nos invade. Pongamos un ejemplo, alguien nos da un argumento y dice "este modelo económico funcionaría mejor para México porque va a crear empleos", y alguien le contesta "no le creas porque es un ratero" o "no le creas porque es de cierto partido político". En lugar de justificar lo que se dice, se evade o se ignora deliberadamente la justificación del propio argumento y éste se descalifica, porque la persona que lo sostiene no comparte alguna creencia con su interlocutor. Argumentos científicos son anulados por razones que no tienen relación con la naturaleza de dicho argumento.

Puede haber un asesino que esté en la cárcel y dé un excelente argumento para resolver un problema de matemáticas. No tiene nada que ver con el argumento el hecho de que la persona que lo plantea esté en la cárcel y que su vida moral sea totalmente reprobable. Una de las partes más importantes, de los obstáculos que en la vida cotidiana nos alejan de una indagación científica es que nos negamos a discutir los argumentos, preferimos la posición cómoda de la descalificación y la evasión.

Una de las raíces de lo que llamamos investigación científica o ciencia, viene sorpresivamente de la Teología. Y el argumento de lo teológico data de finales del siglo XVI y principios del siglo XVII.

Si observamos el mundo con cuidado nos damos cuenta que éste tiene regularidades, el sol todos los días sale y se oculta. Observamos que las cosas se repiten, están en orden, pero además nosotros somos los únicos seres que entendemos y nos damos cuenta de esas regularidades. Un animal no se da cuenta de ello, nosotros sí, tenemos una habilidad, una capacidad racional que nos permite percibir ese orden del mundo.

En Teología se acepta que Dios hizo al mundo y a nosotros, creó un mundo ordenado y nos dio la capacidad para entenderlo. Esto no debe ser mera coincidencia. Entonces, los teólogos de esa época hicieron uso de este principio y decidieron que la mejor manera de honrar a Dios era estudiando el mundo a fondo, porque tenían la capacidad intelectual para entenderlo.

Otra raíz de lo que hoy llamamos ciencia, es el Derecho. Algunas personas deciden estudiar Derecho porque justamente no les gustan las ciencias, pero no se dan cuenta de que la fuente de las ciencias está en el Derecho. Naturalmente se preguntarán, ¿cómo es esto posible?

La base del concepto de evidencia está en los juicios orales. En el siglo XVII, existieron los jurados populares, un grupo de personas que simplemente debían ser moralmente correctos y no tener ningún interés dentro del juicio que se iba a sentenciar. Éstos, decidían la culpabilidad o inocencia del acusado con base en dos elementos fundamentales: la evidencia y los argumentos coherentes. La evidencia significaba justificar con pruebas tangibles la creencia de culpabilidad o inocencia del acusado es decir, "si cuando lo detuvieron tenía una cuchillo en la mano y sangre en la otra". Mientras que los argumentos coherentes, permitían que aun cuando no existiera la evidencia y no se tuviera la información precisa de dónde estaba el sospechoso el día y hora del delito, se buscaban argumentos que construyeran un procedimiento coherente que describiera y justificara los actos en cuestión.

Esto es lo que hace la ciencia, la ciencia busca que con la capacidad intelectual que poseemos, podamos comprender el mundo y no solamente el mundo natural sino también el mundo social. Se trata de no atacar a la persona y descalificar su opinión sin escucharla y analizarla,

sino de convencer a un jurado imparcial de lo correcto, con argumentos, mostrando evidencia y coherencia en el desarrollo del juicio.

Que importante sería que pudiéramos practicarlo desde niños. Que en cualquier conflicto donde dos o más personas pensarán diferente se buscara resolverlo con argumentos, privilegiando el diálogo y no con violencia o medidas de presión.

El mejor camino es la argumentación seria y con evidencia, en donde se permita exponer el punto de vista de la contra parte y analizar sus evidencias. Haciendo más investigación en conjunto, recabando información y evidencia para soportar la hipótesis propia o reconocer la contraria.

Esto básicamente es la indagación científica y es lo que se debería promover en la formación desde niños. Tiene un efecto no solamente en el acercamiento de los niños a la ciencia, sino también los provee de visión cotidiana más crítica y proactiva en la sociedad.

Con una educación más crítica se puede dar más valor al argumento y no tanto a la estética o al *spot* presentado en los medios de comunicación, por ende, se cuestionaría la charlatanería.

Sin embargo, en nuestra sociedad, la actitud no es científica, nos sorprende observar estos comportamientos en personas que presumen educación. Justo con la Reforma Educativa impulsada por el presidente Peña y que concitó el apoyo de un amplio abanico de actores académicos, políticos y sociales, se está impulsando este pensamiento crítico y científico en profesores y alumnos de todos los niveles educativos.

Con esta visión estoy seguro que tendremos mejores ciudadanos para México y para el mundo.

WYNNE HARLEN

Ha ocupado varios puestos como maestra, educadora de maestros e investigadora de educación en ciencias y evaluación desde que se graduó de física de la Universidad de Oxford. En 1991, fue condecorada por la Reina con la Orden del Imperio Británico (OBE) y recibió en 2001 un reconocimiento especial por sus servicios distinguidos a la educación en ciencias por la Asociación de Enseñanza de la Ciencia (ASE). Ha participado en los consejos editoriales de numerosas revistas internacionales. Sus publicaciones incluyen 25 reportes de investigación, más de 160 artículos en revistas especializadas, contribuciones en 38 libros y 30 libros de su autoría o coautoría.



ENSEÑANZA DE LA CIENCIA PARA SU COMPRENSIÓN

.....

Un objetivo central de este artículo es considerar cómo apoyar a los docentes para que ayuden a los estudiantes a desarrollar una comprensión de los hechos y principios de la ciencia, en lugar de aprenderlos por memorización. Empieza abordando lo que significa “aprender por comprensión” y de qué manera se distingue de la memorización.

¿QUÉ QUEREMOS DECIR CON COMPRENSIÓN Y CÓMO ÉSTA DIFIERE DE LA MEMORIZACIÓN?

La comprensión o el entendimiento no es una dicotomía, no es cuestión de comprender o de no comprender. Más bien, la manera en que se comprende o se entiende una idea va cambiando durante el proceso de aprendizaje de una persona, que se da tanto en la escuela como a lo largo de su vida. Todos habremos tenido la experiencia de pensar que hemos entendido algo, hasta que se nos presenta otra experiencia que reta nuestra comprensión y tenemos que desarrollar un nuevo entendimiento. En cierto momento, lo que entendemos es lo que tiene sentido en relación a nuestra experiencia y a lo que se conoce hasta ese momento. Para los adultos, los conceptos en cuestión son abstractos y complejos (tales como “evolución”, “energía”, “sustentabilidad” y “campo”, como en el caso de un campo eléctrico). Para los estudiantes, los conceptos son más concretos (“solubilidad”, “fuerza”, “cambio de estado”). Pero el principio es el mismo, el entendimiento está al nivel de la experiencia que se tenga, y a medida que ésta se amplía, también necesitan cambiar las ideas que le dan sentido (considere la frecuencia con la que ha tenido que cambiar nuestra comprensión sobre la constitución de la materia, a la luz de nuevos descubrimientos). Esto encaja con la percepción de que

“las explicaciones, teorías y modelos científicos son aquellos que mejor se ajustan a la evidencia disponible en cierto momento”. Esta es una de las grandes ideas sobre la ciencia.¹

¿Cómo ayudamos a los estudiantes a desarrollar su comprensión de acuerdo a sus nuevas experiencias? Antes de abordar esta pregunta, primero veamos cómo difiere la comprensión o el entendimiento de la memorización. La memorización depende de la repetición, no de establecer relaciones con el conocimiento existente. Los hechos primero se almacenan en la memoria de corto plazo; si se repiten con suficiente frecuencia serán almacenados en la memoria de largo plazo, de otra manera serán olvidados en unos cuantos minutos. Pero, aun estando en la memoria de largo plazo, fallarán si no son repetidos de manera regular. Podemos facilitar la memorización utilizando la nemotecnia, al asociar las cosas que se quieren recordar con temas que nos sean familiares y que recordemos fácilmente. Estos trucos son necesarios porque, precisamente en estos casos, las cosas que serán memorizadas no tienen sentido por sí solas y se olvidan con facilidad.

Sin duda, hay algunos hechos que deben ser memorizados, como los nombres. Estos no deben comprenderse, más bien son etiquetas que permiten que los estudiantes se comuniquen con efectividad. Necesitan estar ligados firmemente al objeto o a los eventos que representan por lo cual se aprenden mejor dentro del contexto en el cual son utilizados. Otros hechos son observaciones ampliamente consensuadas (como el punto de ebullición del agua).

EL PROBLEMA DEL CONTENIDO DEL CURRÍCULO

Cuando no se logran establecer las relaciones entre los conceptos, la ciencia se convierte para los estudiantes en una serie de hechos desconectados que deben ser memorizados. Este es un problema común en el currículo nacional de ciencia, que empeora cuando se intentan incluir demasiados contenidos, todo lo que ha sido enseñado tradicionalmente, sumado al nuevo material que resulta de la rápida expansión del conocimiento científico. Frecuentemente, estos currículos son desarrollados teniendo en mente a los científicos del futuro y no al ciudadano que necesita comprender ideas básicas que tienen relevancia

¹ Gran idea acerca de la ciencia número 12.

en la vida cotidiana. No son aptos para proporcionar a los ciudadanos el entendimiento y las habilidades necesarias en el mundo moderno, donde la tecnología está cambiando la naturaleza de muchas ocupaciones y el impacto de los problemas globales, tales como cambio climático, salud y crecimiento poblacional afecta a todos.

Una manera de enfrentar este problema es cambiar la forma en la que concebimos y comunicamos las metas del currículo. Si pensamos en los propósitos de la educación científica, no en términos de una colección de hechos y teorías, sino como una progresión hacia el desarrollo de grandes ideas subyacentes que tienen una aplicación amplia, estaremos menos a merced de la expansión constante de información. Las ideas en las que debemos enfocarnos serán aquellas que ayuden a comprender tanto las cosas que nos son familiares como las nuevas y que permitan a todos participar como ciudadanos informados en las decisiones de un mundo donde la ciencia y la tecnología adquieren cada vez mayor relevancia.

¿QUÉ SON “GRANDES” IDEAS DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS?

Estas ideas, que ayudan a explicar nuevos fenómenos, son descritas como “grandes” o “poderosas”. Las “grandes” ideas pueden ser aplicadas a una amplia variedad de fenómenos relacionados y son construidas a partir de “pequeñas” ideas que se relacionan a objetos o eventos específicos. Por ejemplo, la idea que las lombrices de tierra tienen una estructura que les permite avanzar debajo de la tierra es una pequeña idea. Esta idea se expande gradualmente a medida que se liga a las ideas del estudio de otros organismos y se convierte en una generalización que aplica a todos los organismos, una idea “grande” que perdura sin importar el descubrimiento de nuevas especies. Un currículo basado en ideas fundamentales que se aplican en todo el universo no pierde vigencia como ocurre con un currículo que comprende hechos que pueden ser superados por los nuevos hallazgos de las investigaciones.

No existe una lista de ideas “única” o “correcta” como meta de la educación científica para todos. La selección sólo puede ser cuestión de razonamiento humano. Al realizar este juicio, es importante establecer qué tipo de ideas son relevantes; cuáles criterios deben guiar la selección. Como ejemplo, la lista identificada en *Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias (Working with Big Ideas of Science Education)* fue elaborada a partir de ideas que:

- tienen poder explicativo en relación a un gran número de objetos, eventos y fenómenos que los estudiantes enfrentan en sus vidas, durante y después de sus años escolares;
- proporcionan una base para la comprensión de problemas, tales como el uso de energía, la toma de decisiones que afectan la salud, el ambiente y el bienestar de los estudiantes y de los demás;
- conducen al gozo y satisfacción de poder responder y encontrar respuesta al tipo de preguntas que las personas hacen sobre sí mismas y sobre el mundo natural;
- tienen significado cultural, por ejemplo, en afectar la percepción de la condición humana, reflejando logros en la historia de la ciencia, inspiración sobre el estudio de la naturaleza y los impactos de la actividad humana sobre el ambiente.

A esto ahora se debe agregar que las ideas clave “deberán ser consistentes con las Metas de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas”.

Al aplicar estos criterios se llegaron a establecer las 10 grandes ideas de la ciencia y 4 grandes ideas acerca de la ciencia, descritas en la publicación *Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias* (disponible en español, francés, chino y varios otros idiomas).

Sin embargo, es importante aclarar que estas ideas no deberán, por supuesto, ser enseñadas directamente. Más bien, proporcionan la razón para que los educandos estudien ciertos objetos, eventos o fenómenos a un nivel adecuado para su edad y desarrollo. Los temas de estudio deberán ser seleccionados de tal manera que tengan, para los docentes y cualquier observador, una clara relación con una o más de las grandes ideas y permitan el entendimiento hasta un punto apropiado en la progresión hacia dichas grandes ideas. Los docentes deben poder explicar cómo las ideas que los estudiantes desarrollan en una actividad se relacionan a una o más grandes ideas en general y así justificar el tiempo que le están dedicando.

PROGRESIÓN DE PEQUEÑAS A GRANDES IDEAS

El desarrollo del entendimiento de estas ideas es un proceso gradual y sucesivo, que continúa durante los años escolares y más allá. En la medida que los estudiantes utilizan ideas de una experiencia al explicar otra relacionada, sus ideas se vuelven más útiles al proporcionar explicaciones que aplican en varios contextos. Para cada estudiante en lo individual, hay una evolución desde las ideas iniciales formadas a partir de sus experiencias tempranas hacia ideas más poderosas que explican

un ámbito más amplio de fenómenos relacionados. El camino hacia ideas más científicas probablemente no es el mismo para cada individuo ya que depende de sus experiencias y de cómo son ayudados a encontrarles sentido. Una descripción de la progresión, cómo las ideas típicamente se convierten en “más grandes” con el tiempo, es importante para guiar el desarrollo de currículo y para permitir a los docentes ver la conexión entre las experiencias de aprendizaje en varios puntos de la educación escolar y el propósito general del entendimiento de las grandes ideas.

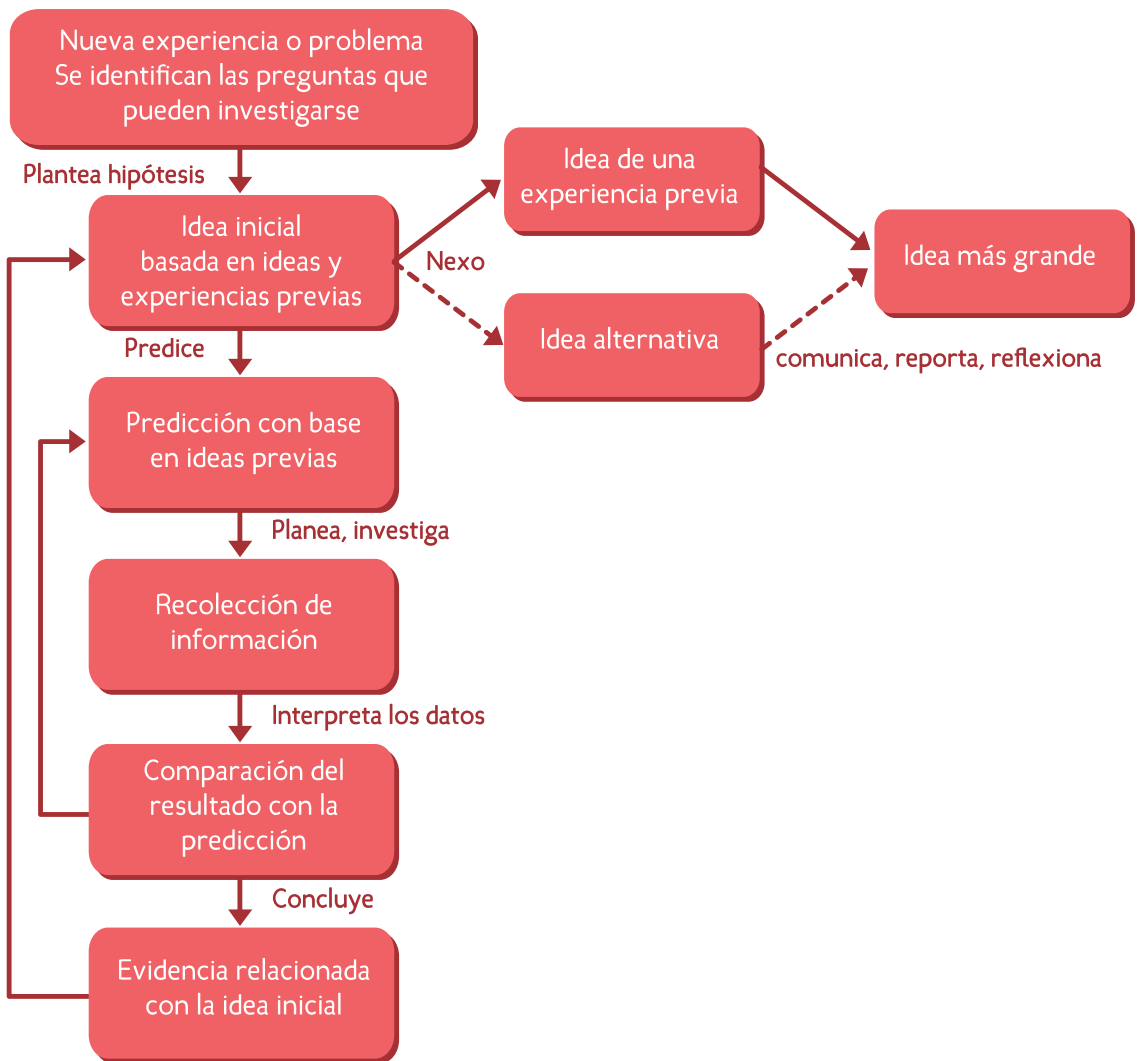


Figura 1. Modelo del desarrollo de ideas

El proceso de comprender una nueva experiencia o de resolver un problema está representado en el modelo de la Figura 1, al cual se ha referido anteriormente en el Volumen 2 de esta Antología². El proceso empieza cuando un estudiante trata de darle sentido a una nueva experiencia o evento utilizando ideas previas. Esto es algo que todos hacemos cuando nos enfrentamos a algo nuevo. La exploración inicial identifica las características que se ligan a las ideas de experiencias previas que conduzcan a posibles explicaciones (“Creo que puede ser...”, “He visto algo como esto cuando...”, “Es un tanto como...”). Puede haber varias ideas que podrían ser relevantes, pero una es seleccionada como la posible explicación o hipótesis, a ser probada. Juntar diferentes ideas en un grupo de discusión es particularmente útil; significa que la experiencia así seleccionada es más mayor que la de cualquiera en lo individual. La creatividad y la imaginación también participan. Ciertamente, en el caso del científico que enfrenta un fenómeno inesperado, es la habilidad de probar ideas fuera de lo inmediatamente obvio lo que puede ser el inicio de un “descubrimiento”.

El siguiente paso en el trabajo científico es ver qué tan útiles son estas ideas iniciales, haciendo una predicción basada en la hipótesis. El poner a prueba la predicción requiere recolectar nuevos datos, que son analizados y el resultado es utilizado como evidencia para comparar con lo que fue pronosticado. Con frecuencia, se requiere más de una predicción y prueba, pasando de nuevo por la secuencia de recolectar e interpretar los datos para ver si la explicación sugerida es útil.

A partir de estos resultados, se puede plantear una conclusión tentativa sobre la idea inicial. Si la evidencia muestra que la idea proporciona una explicación buena, entonces no sólo no se rechaza, sino que se vuelve un poco más poderosa, “más grande”, porque explica algo más. Así, las “pequeñas” ideas gradualmente crecen porque se relacionan a varias situaciones y finalmente se vuelven generalizadas a un grupo de propiedades o fenómenos conceptualmente relacionados. Si la evidencia no soporta la explicación dada por la idea inicial, entonces se puede probar una idea alternativa. Pero el encontrar que la idea inicial no es la respuesta, también es útil. Es tan importante saber qué sí funciona como saber qué no funciona.

² INNOVEC (2016) Antología sobre Indagación; Teorías y fundamentos de la Enseñanza de la Ciencia Basada en la indagación.

DESCRIBIENDO LA PROGRESIÓN

El incremento progresivo del poder de las ideas para explicar un mayor número de fenómenos a medida que se vuelven ideas más grandes, no toma el mismo camino para todos los estudiantes. La progresión en el aprendizaje no es como subir una escalera, donde existen peldaños definidos que se deben subir y cada paso debe ser dado con seguridad antes de que sea posible intentar el siguiente. Sin embargo, sí hay un patrón común en la progresión, que deriva de la experiencia y de la investigación. Este patrón de cómo cambia la comprensión se puede comunicar a manera de relato. Es importante permitir la diversidad en los caminos del desarrollo cognitivo de cada estudiante. Lo esencial es la dirección general de la progresión hacia marcos explicativos construidos con base en un conocimiento sólido en cada etapa. En el documento *Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias (Working with Big Ideas of Science Education)* se presenta el “relato” de cada gran idea estipulada y se proporciona una indicación general del rango de edad apropiado para el desarrollo de cada nivel de comprensión.

EL PAPEL DE LAS HABILIDADES DE INDAGACIÓN

Las flechas en el modelo están etiquetadas con las acciones requeridas para ir de un cuadro al siguiente. Los resultados de la indagación dependerán de cómo se lleven a cabo estas acciones, es decir, qué tan bien los estudiantes hagan una predicción, planeen una investigación para probarla, cómo interpreten los datos y definan las conclusiones. El desarrollo de ideas científicas depende de que la recolección e interpretación de los datos se lleve a cabo con rigor científico. De otra manera, se pueden aceptar ideas que debieran ser rechazadas y las ideas no científicas de los estudiantes prevalecen. Por lo tanto, una parte clave de la pedagogía requerida para desarrollar la comprensión, consiste en ayudar a los estudiantes a generar las capacidades necesarias para la investigación científica, es decir, las habilidades de indagación.

Una característica esencial del modelo es la combinación del desarrollo de ideas y el uso y desarrollo de habilidades (a veces llamadas procesos o prácticas). Esta combinación se expresa en la definición de la indagación en la educación científica como:

El desarrollo progresivo de ideas científicas clave a través de aprender cómo investigar y construir su conocimiento y comprensión del mundo a su alrededor.

ACTIVIDADES DE LOS ESTUDIANTES Y LOS DOCENTES

Cuando los estudiantes están desarrollando su comprensión a través de la indagación, se entiende que estarán involucrados en algo más que la manipulación real de equipo y materiales (aunque éstos son importantes). Estarán involucrados, en distintos momentos como:

- perseguir cuestiones o resolver problemas que tienen significado para ellos
- expresar sus propias ideas y considerar las de otros sobre posibles soluciones
- desarrollar hipótesis y hacer predicciones que pueden ser probadas
- reunir datos mediante observación y manipulación de objetos o uso de otras fuentes
- participar en la planeación de investigaciones con controles adecuados para responder a preguntas específicas
- organizar e interpretar los datos
- comparar las conclusiones con las predicciones
- expresarse por escrito u oralmente, utilizando los términos científicos apropiados
- aplicar su aprendizaje en contextos de la vida real
- reflexionar de forma auto crítica sobre los procesos y resultados de sus indagaciones

Si los estudiantes deberán estar involucrados en estas actividades, hay implicaciones claras para los docentes.

Cada acción del estudiante depende de una correspondiente del docente. Por ejemplo, los docentes deberán:

- Proporcionar preguntas y problemas que los estudiantes quieran atender e identificar como propios, aunque sean introducidos por el docente
- Estimular a los estudiantes a expresar y discutir sus ideas iniciales
- Fomentar a los estudiantes a desarrollar hipótesis y hacer predicciones basadas en sus ideas
- Enseñar las habilidades necesarias para la recolección de datos
- Proporcionar acceso a fuentes de información
- Involucrar a los estudiantes en la planeación de investigaciones
- Requerir que los estudiantes revisen sus observaciones y mediciones
- Ayudar a los estudiantes a organizar, analizar e interpretar sus datos
- Asegurar que los estudiantes comparen sus conclusiones con las predicciones
- Pedir que los estudiantes den razones o explicaciones de lo que han encontrado

- Reservar y destinar tiempo para que los estudiantes reflexionen críticamente sobre lo que han encontrado y cómo han cambiado sus ideas
- Proporcionar oportunidades a los estudiantes para aplicar lo que han aprendido a otros contextos

Aquí hay implicaciones para la formación docente, tanto en formación inicial como en desarrollo profesional, para la valoración y desarrollo de materiales educativos, y para la evaluación de los estudiantes. Pero antes de proceder a ello, es importante considerar evidencia sobre si la enseñanza basada en la indagación ha “funcionado”.

EVIDENCIA SOBRE EL IMPACTO DE LA ENSEÑANZA BASADA EN LA INDAGACIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES

No es suficiente argumentar sobre el valor de la pedagogía basada en la indagación apoyándonos en lo que sabemos sobre cómo se lleva a cabo el aprendizaje. El gran esfuerzo requerido para hacer cambios en la estructura curricular, en los materiales didácticos, en la formación docente y su evaluación, tiene que justificarse en términos de los logros alcanzados. Así que, es importante preguntarse: ¿hay evidencia de que la indagación, tal como se ha descrito, conduce a una mayor comprensión? Se esperaba que el programa PISA para evaluar la formación científica de estudiantes arrojará información que apoyara la enseñanza de la ciencia basada en la indagación. La prueba PISA de 2015 recabó información sobre las experiencias los estudiantes en clases de ciencia y se proponía medir su nivel de competencia para:

- Explicar los fenómenos científicamente
- Evaluar y diseñar procesos de indagación científica, describir y evaluar investigaciones científicas y proponer la manera de abordar la pregunta científicamente
- Interpretar los datos y evidencias científicamente³.

Estas competencias son relevantes para el aprendizaje de la ciencia con comprensión, basada en la indagación, y se puede esperar que mientras más experiencia tienen los estudiantes en el aprendizaje basado en la indagación, alcanzarían mejor desempeño en las pruebas de PISA. Sin embargo, los estudiantes que reportan experiencias frecuentes de actividades de indagación obtuvieron calificaciones significativamente

³ OEDC (2016) PISA 2015 Resultados Vol. 2. Políticas y Prácticas para Escuelas Exitosas. París: OCDE

más bajas en la escala PISA que aquellos con menos experiencia. Además, aquellos que reportan una mayor frecuencia en realizar actividades dirigidas por el docente se desempeñan a un nivel más alto que aquellos con menos actividades dirigidas por los docentes.

Para interpretar estos hallazgos, es importante saber cómo se recolectaron los datos. Una mirada más cercana nos indica que no se cuenta con evidencia sobre el tipo de actividades que desarrollaron durante las lecciones; otra investigación que incluyó observaciones de las actividades dentro de la clase, sugiere que hay diversos factores que podrían contribuir a explicar los resultados obtenidos en PISA. Por ejemplo:

- Hay investigaciones que evidencian que con frecuencia las indagaciones no se terminan⁴. En particular, no se concretan las oportunidades para discutir y evaluar los hallazgos.
- Es poco probable que la actividad científica se detone con sólo estar en el laboratorio. Para ser efectivo, el trabajo práctico en laboratorios debe ser diseñado para construir sobre los conocimientos científicos de los estudiantes.
- En la instrucción dirigida por el docente, cuando éste explica una idea, tiene en mente una meta de enseñanza clara; con frecuencia, las metas del trabajo basado en la indagación están menos definidas y no se comunican fácilmente a los estudiantes.

Algunos otros hallazgos en los datos de PISA son más optimistas. Existe una asociación positiva entre las actividades basadas en la indagación y el gusto de los estudiantes por la ciencia y su deseo de involucrarse en una actividad científica, por lo que el impacto de la indagación a largo plazo debe ser analizado.

La confianza en los hallazgos de PISA depende de las características del reactivo de la prueba, y de si se hace una evaluación válida de los resultados de la enseñanza basada en la indagación. Todos los reactivos PISA se presentan por escrito y los estudiantes muestran sus competencias por medio de respuestas también por escrito, en las pantallas, no a través del desempeño directamente.

⁴ Abrahams, I. and Reiss, M. (2012) Trabajo práctico: su efectividad en escuelas primarias y secundarias en Inglaterra, *Revista sobre Investigación en Enseñanza de la Ciencia* 49 (8) 1035-1055.

Se cuenta con evidencia, a partir de una investigación llevada a cabo en los Estados Unidos, de la diferencia que puede causar, la forma de las preguntas. Se trata de una investigación controlada llevada a cabo en tres Estados, a lo largo de tres años. En la evaluación de un programa basado en la indagación⁵, financiado por el Departamento de Educación de los Estados Unidos, 9000 estudiantes con edades entre 8 y 13 años, fueron divididos en dos grupos: aquellos sujetos a actividades de indagación y un grupo de comparación. Los estudiantes fueron monitoreados durante tres años, utilizando dos mediciones de desempeño para comparar los dos grupos. Estas fueron las evaluaciones estandarizadas de primaria y secundaria para lectura, matemáticas y ciencia; y una prueba desarrollada para evaluar las metas de la indagación, consistiendo de preguntas de opción múltiple, preguntas abiertas y tareas prácticas de desempeño. Esta última prueba mostró una diferencia particularmente grande entre los dos grupos respecto a las tareas prácticas de desempeño. Se presentaron algunas diferencias significativas en las calificaciones de las preguntas abiertas y una menor diferencia en el caso de las preguntas de opción múltiple. Las pruebas estatales estandarizadas llevan a la conclusión de que los resultados “inequívocamente demuestran que la ciencia basada en la indagación mejora el logro de los estudiantes, no sólo en ciencia, sino también en lectura y matemáticas”.

IMPLICACIONES

No hay duda de que evaluar el desempeño de los estudiantes de indagación es problemático y no es factible en un proyecto internacional tal como PISA, que involucra a 75 países.

Los resultados de PISA deben ser interpretados en relación a los reactivos utilizados y es difícil negar que, aunque tal vez no cubren todos los aspectos de la indagación, incluyen los resultados deseables de la indagación. Los hallazgos indican que tan sólo proporcionar más tiempo a la indagación no es la respuesta. Si aceptamos los resultados, entonces el mensaje es que necesitamos mejorar la calidad de las experiencias de aprendizaje de los estudiantes. Por ejemplo, podemos ver de manera crítica la lista que presentamos anteriormente sobre las actividades de los estudiantes y de los docentes, que argumentamos que se requieren para el aprendizaje por comprensión basado en la indagación. Cabe

⁵ Centro Smithsonian para la Educación en Ciencias (2015). Estudio de Investigación LASER i3. El resumen ejecutivo e informe completo se pueden bajar del sitio <http://ssec.si.edu/laser-i3>.

preguntarse: ¿Los estudiantes están experimentando estas experiencias? ¿Los docentes están solicitando a los estudiantes que utilicen sus ideas y les dan oportunidades para todos los aspectos de la indagación? Y de forma crucial, ¿los estudiantes están reflexionando sobre cómo aprenden y los docentes están destinando tiempo para esta reflexión y ayudan a los estudiantes a estar conscientes de lo que involucra el aprendizaje?

Estas preguntas subrayan la importancia de que los estudiantes y los docentes tengan tiempo para revisar no sólo el resultado de las actividades de aprendizaje, sino el proceso de llegar al resultado y aplicarlo conscientemente a otro aprendizaje. Tal reflexión crítica puede ayudar a nuestros estudiantes a una mejor comprensión del mundo que les rodea y de cómo llegamos a este entendimiento a través de la actividad científica. Más ampliamente, aprenderán a aprender y a ser más conscientes de sus propios procesos de pensamiento, y de sus estrategias y métodos de aprendizaje”.

REFERENCIAS

- Harlen, W (2015) Working with Big Ideas of Science Education Spanish version (Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias).
- INNOVEC (2016) Antología sobre Indagación; Teorías y fundamentos de la Enseñanza de la Ciencia Basada en la indagación.
- OEDC (2016) PISA 2015 Results Vol 2. Policies and Practices for Successful Schools. Paris: OECD.
- Abrahams, I and Reiss, M (2012) Practical work: its effectiveness in primary and secondary schools in England, Journal of Research in Science Teaching 49 (8) 1035-1055.
- Smithsonian Science Education Center (2015) LASER i3 Research Study. (The executive summary and full report can be downloaded from <http://ssec.si.edu/laser-i3>).

ROSA DEVÉS ALESSANDRI

Graduada en Bioquímica por la Universidad de Chile, posee también un doctorado en Bioquímica de la Universidad Western Ontario, Canadá y tiene estudios de Postdoctorado en el Departamento de Bioquímica de la Universidad del Sur de California, Los Angeles. Desde el 2003 es Miembro Correspondiente de la Academia Chilena de Ciencias y actualmente se desempeña como Vicerrectora de Asuntos Académicos de la Universidad de Chile.



LOS DESAFÍOS DE LOS DOCENTES PARA LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA BASADA EN LA INDAGACIÓN. EXPERIENCIA DESDE EL PROGRAMA ECBI EN CHILE

.....
Rosa Devés, Pilar Reyes y Andrea Elgueta

“Observé que toda composición hecha a base de observaciones directas de paseos, era menos “lírica”, menos falsa, más sencilla y exacta. Observé que las niñas que en la clase sólo “reciben”, en el campo o en un huerto “dan”, preguntan, piensan se interesan por la tierra toda”

NUESTRA CONCEPCIÓN SOBRE LA IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS A NIVEL ESCOLAR

La ciencia es uno de los más grandes logros colectivos de la humanidad. Se nutre de la pasión por descubrir, del esfuerzo para dar respuesta a interrogantes susceptibles de investigarse científicamente, y de la disposición a compartir hallazgos y explicaciones, sometiénolos al juicio de pares y a nuevas pruebas. Sólo puede desarrollarse en un ambiente de curiosidad, imaginación, honestidad, rigor, y generosidad. Junto a ese valor esencial, el conocimiento científico, fuertemente asociado a la tecnología, se ha vuelto hoy indispensable para comprender nuestro medio, para participar de manera efectiva y responsable en la sociedad, y para cuidar y respetar la naturaleza. Como lo ha expresado Pierre Léna “la ciencia es una escuela de asombro, de verdad y de ciudadanía” (Léna, 2015). Es por ello que las inequidades en el acceso a la educación científica, representan no sólo una amenaza a la libertad y la dignidad individual, sino también al futuro de la vida en nuestro planeta.

Entendemos la educación científica de calidad como un derecho de todos los niños y niñas, y nos hemos comprometido a trabajar para garantizar y ampliar ese derecho, aportando al mejoramiento escolar y al enriquecimiento de la política pública. A través de nuestro trabajo, esperamos estimular la libre expresión de la creatividad de cada uno, aportar a la realización personal y colectiva por medio del desarrollo del conocimiento y de las habilidades científicas, y facilitar la participación ciudadana responsable e informada en la toma de decisiones.

Más de 70 años atrás, Jawaharlal Nehru, abogado y Primer Ministro de la India, destacó entre los elementos esenciales para la construcción de una nación moderna el cultivo del “temperamento científico”, el que asimiló al “temperamento del hombre libre”. Reconociendo su valor no sólo para la aplicación de la ciencia, sino para “la vida misma”, lo describió como “el temperamento aventurero y a la vez crítico de la ciencia, la búsqueda de la verdad y del nuevo conocimiento, la negación a aceptar algo sin someterlo a prueba, la capacidad de cambiar conclusiones previas en consideración de la nueva evidencia, la confianza en los hechos observados, y no en teorías preconcebidas, la rigurosa disciplina de la mente” (Nehru, 1946). A pesar de la distancia en el tiempo y de las diferencias culturales entre la India y un país latinoamericano como Chile, reconocemos en las ideas de J. Nehru los valores que nos animan en el trabajo por una educación en ciencias de calidad.

El reconocimiento de la importancia de la educación científica para el desarrollo de las personas y sus comunidades ha estimulado a muchos científicos a nivel global a comprometerse con esta tarea y a poner las redes internacionales de la ciencia al servicio de la educación. Un ejemplo paradigmático es el Programa Global por la Educación en Ciencias del InterAcademy Panel (IAP) que reúne 111 Academias de Ciencias de todo el mundo. Interessantemente, el mayor esfuerzo se ha focalizado en las etapas tempranas de la vida escolar entre otras razones porque como lo expresara Pierre Léna en la *Conferencia por la Sustentabilidad* realizada en Tokio el año 2000, “la educación en ciencias está frecuentemente ausente, a las edades en que la curiosidad está universalmente presente”. Esta convicción ha motivado la creación de diversos programas para la innovación de la educación en ciencias enfocados en la educación primaria. Nuestro propio Programa de Educación en Ciencias basado en la Indagación (ECBI) ha recibido especial inspiración de iniciativas internacionales como los Sistemas de Enseñanza Vivencial e Indagatoria de la Ciencia (SEVIC, INNOVEC) de México, el Programa *La main*

à la pête de la Academia de Ciencias de Francia, el *National Science Resources Center* (actualmente Centro Smithsoniano para la Educación en Ciencias) de los Estados Unidos y el Programa Experimento de la Fundación Siemens de Alemania.

Recientemente, la *Agenda de Desarrollo Sostenible 2030* acordada por los Jefes de Estado y de Gobierno en las Naciones Unidas en 2015 ha reforzado la importancia de una educación de calidad, ya no sólo como un elemento para corregir las inequidades y ampliar las oportunidades, sino como una condición esencial para que los países puedan “adoptar medidas para promover la prosperidad al tiempo que protegen el planeta”. La educación científica se reconoce como fundamental para el ejercicio de la “ciudadanía global” (UNESCO, 2016).

EL PROGRAMA ECBI EN CHILE

A fines de la década del 90, el curriculum nacional chileno ya reconocía el valor de la educación en ciencias para todos como una condición básica para el ejercicio de la ciudadanía. Esta concepción se fundamentó en tres razones principales. Primero, “por el valor formativo intrínseco al entusiasmo, el asombro y la satisfacción personal que puede provenir de entender y aprender acerca de la naturaleza”; segundo, porque “las formas de pensamiento típicas de la búsqueda científica son crecientemente demandadas en contextos personales, de trabajo y socio-políticos de la vida contemporánea”; y tercero, porque “el conocimiento científico de la naturaleza conduce a una actitud de respeto y cuidado por ella” (Ministerio de Educación de Chile, 1998).

El programa ECBI, responde a este desafío y es una construcción conjunta de científicos y educadores que comprenden que el acceso equitativo a la educación científica solo será posible si se realiza un esfuerzo nacional e internacional que convoque voluntades personales e institucionales. ECBI fue impulsado inicialmente desde la Academia Chilena de Ciencias y la Universidad de Chile, con el apoyo del Ministerio de Educación (Devés y López 2007; Devés y Reyes, 2007) y posteriormente, se extendió a otras universidades chilenas. Bajo el liderazgo del distinguido bioquímico chileno Jorge Allende, también se vinculó estrechamente al movimiento internacional por la innovación en la educación científica coordinado por el IAP. Desde el año 2003, el programa se ha implementado en más de 300 escuelas públicas de Chile. La estrategia de implementación presenta un enfoque sistémico que considera cinco áreas de intervención de acuerdo al modelo del *National Sciences Resources Center* (NSRC,

1997): Curriculum, Desarrollo Profesional Docente, Materiales Educativos, Participación de la Comunidad y Evaluación.

Por educación en ciencias basada en la indagación entendemos el proceso a través del cual “los estudiantes desarrollan progresivamente ideas científicas claves mientras aprenden a investigar y construyen su conocimiento y comprensión del mundo que los rodea. Utilizan habilidades empleadas por los científicos tales como hacer preguntas, recoger datos, razonar y revisar evidencia a la luz de lo que ya se conoce, extraen conclusiones y discuten los resultados” (IAP, 2012). Al participar activamente en la construcción de sus aprendizajes, los estudiantes se preparan para entender su entorno con una mirada crítica, reflexiva e informada, cuestiones indispensables para su desempeño exitoso y responsable como futuros ciudadanos.

EL TRABAJO DE LOS PROFESORES EN EL AULA

Enseñar indagatoriamente no es una tarea fácil ya que exige desarrollar en los niños y niñas comprensión conceptual, a la vez que se desarrollan habilidades y actitudes propias de la búsqueda científica. Para lograr este objetivo también se requiere generar en el aula y en la escuela una atmósfera colaborativa y comunicativa, que fomente la creatividad, el pensamiento crítico y la capacidad para resolver problemas.

¿QUÉ CONOCIMIENTOS, HABILIDADES Y ACTITUDES SE ESPERA QUE DESARROLLE EL DOCENTE ECBI EN LOS NIÑOS?

En el contexto de una sociedad que genera y aplica conocimiento nuevo a velocidades nunca antes experimentadas, los profesores, no sólo deben preocuparse de desarrollar comprensión, sino también habilidades que preparen para el aprendizaje continuo y la participación responsable en la vida ciudadana, en un contexto de equidad y respeto por el medio ambiente. Desde nuestra visión, entonces, también es fundamental aportar a la formación de valores.

Considerando que la única certeza sobre el futuro es que presentará desafíos enormes para la humanidad, el sistema educacional de Singapur, entre otros, ha enfatizado la importancia de la formación de valores. Así, se han propuesto trabajar para que los estudiantes estén preparados y bien dispuestos para actuar como personas seguras de sí mismas, aprendices autónomos, contribuyentes activos y ciudadanos responsables (Sing-Kong Lee, 2017). El Programa *La main à la pâte* también se ha preocupado de los valores encarnando en sus acciones

conceptos como “una ciencia para la coexistencia pacífica” y “una ciencia para todos”. En nuestro país la preocupación por la equidad y la inclusión y la valoración de la diversidad se han vuelto también ejes centrales de la política pública y nuestra responsabilidad es que encuentren su lugar en el aula. La metodología indagatoria que respeta y estimula la búsqueda científica a todas las edades y en todos los contextos genera una situación privilegiada para hacer realidad este propósito.

Respecto a los conocimientos que deben abordarse en la educación en ciencias escolar adherimos a las propuestas de Wynne Harlen y colaboradores presentadas en los libros *“Principios y Grandes Ideas de la Educación en Ciencias”* y *“Trabajando con las Grandes Ideas de la Educación en Ciencias”*, Harlen (2010, 2015), ya que tienen validez en distintos contextos, independientemente de las especificidades de los diversos currículos nacionales. Esta propuesta contiene entre sus fundamentos dos ideas centrales. Primero, que “si bien es importante que los alumnos aprendan a aprender y desarrollen las habilidades de la indagación, es necesario que exista un equilibrio entre el aprendizaje conceptual y el aprendizaje sobre cómo hacer para aprender” y segundo, que “aprender acerca de cómo responder una pregunta no es suficiente por sí solo, ya que la pregunta también tiene que ser respondida. Por otro lado, la búsqueda de la respuesta a una pregunta en particular no es suficiente, pues sólo preocupándonos de cómo fue respondida permitirá apoyar el aprendizaje en contextos nuevos” (Harlen, 2013). La comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades se conciben, entonces, como interdependientes.

En este marco se han definido y fundamentado 14 “grandes ideas” de la ciencia que deberían desarrollarse progresivamente a lo largo del currículo escolar. Diez de ellas, son ideas “de” la ciencia, por ejemplo “Todo material en el Universo está compuesto de partículas muy pequeñas”. Las otras cuatro son ideas “acerca de” la ciencia, por ejemplo, “Las explicaciones, las teorías y modelos científicos son aquellos que mejor dan cuenta de los hechos conocidos en su momento”. Los principios, a su vez, orientan sobre la importancia de entregar una educación científica, y su comprensión es esencial para que los docentes puedan desarrollar una práctica efectiva en beneficio de todos (Harlen 2010, 2015).

Los desafíos que impone la pedagogía indagatoria para los docentes son tan grandes como su potencial para entregar una educación de calidad a cada uno y asegurar un futuro de bien común para todos. Por una parte, se

espera que los docentes generen en sus aulas ambientes y experiencias que sean fieles a la práctica científica y, por otra, que junto con asegurar que todos los niños y niñas participen de esa experiencia, ellos mismos, en su relación con otros docentes y la comunidad, se involucren en una práctica reflexiva y colaborativa para el aprendizaje colectivo.

Para aprender ciencias guardando fidelidad al quehacer científico, es necesario ofrecer a los estudiantes oportunidades para el estudio de fenómenos que puedan abordarse científicamente. Los profesores deberán preocuparse de que los estudiantes se enfrenten con preguntas que han identificado como propias, aunque hayan sido introducidas por los docentes; realicen predicciones sobre los fenómenos en estudio que estén basadas en sus ideas; participen en la planificación de investigaciones para someter a prueba sus predicciones; conduzcan las investigaciones utilizando fuentes y métodos apropiados para recoger los datos relevantes para someter a prueba sus predicciones; discutan los resultados de su indagación y traten de explicar lo que encuentran; comparen sus hallazgos y sus conclusiones con lo que otros han encontrado y concluido; tomen notas y hagan registros durante su trabajo y se involucren en discusiones sobre sus propias investigaciones.

Dar lugar a esta cantidad de experiencias de manera que todos los niños se beneficien y contribuyan, requiere de años de práctica y de reflexión por parte del docente. Desde lo que puede parecer más esencial, y no por eso menos difícil, como es aprender a escuchar a cada niño para conocer lo que piensa y como construye sus ideas, hasta el manejo de un grupo grande de estudiantes, muchas veces en contextos sociales complejos. Todo esto dentro de los límites (o a veces barreras) que imponen los diferentes currículos nacionales y sus continuos cambios, las pruebas estandarizadas y la evaluación de desempeño de los profesores. Por ello, la tarea de los profesores debe ser acompañada con recursos educativos, al mismo tiempo que se les otorga acceso a desarrollo profesional permanente, de acuerdo al nivel de competencia y autonomía que han alcanzado.

¿CÓMO ORGANIZAR UNA CLASE PARA DAR OPORTUNIDADES AL DESARROLLO DE ESTOS MÚLTIPLES APRENDIZAJES?

Si bien se han propuesto diversos caminos y estrategias que ayudan a organizar una clase indagatoria efectiva, no debe olvidarse que no existen recetas para una clase exitosa y que la planificación dependerá de los objetivos de aprendizaje, de la edad, la preparación y características de

los niños, del contexto, entre otras. Aun así, nuestra experiencia es que los profesores, especialmente aquellos que están iniciando su camino en la indagación, agradecen recibir orientación precisa que les ayude a planificar su trabajo. En el Programa ECBI hemos utilizado y difundido, como una plataforma para estructurar una clase indagatoria, el Ciclo del Aprendizaje utilizado en los módulos indagatorios del NSRC (NSRC, 1997).

Toda planificación de una lección indagatoria, contemplará la elección de un concepto científico a enseñar, la alineación de los objetivos de aprendizajes con el currículo formal y las estrategias pedagógicas para alcanzar los objetivos, incluidos los recursos educativos que se utilizarán. Es siempre de gran utilidad, compartir las ideas sobre el diseño con distintas personas, especialmente con los pares, pues eso ayudará a clarificar y conocer la viabilidad y pertinencia de la actividad indagatoria y dará oportunidad para una reflexión conjunta.

A continuación se describen las características de cada etapa del ciclo del aprendizaje indagatorio.

CICLO DE APRENDIZAJE INDAGATORIO

El ciclo se conforma de cuatro momentos o fases secuenciales y diferenciables que se han denominado: I) fase de focalización, II) fase de exploración, III) fase de reflexión y IV) fase de aplicación. A continuación analizaremos estos distintos momentos, describiendo qué oportunidades ofrecen a los niños y los profesores. Por cierto que no se trata de fases “puras”, pero identificarlas ayuda a planificar de modo que se realicen las acciones que se han descrito antes y que son centrales para el progreso de la comprensión y el desarrollo de las habilidades y actitudes.

• Fase de focalización

Al inicio de una lección o de un conjunto de lecciones, el o la docente presentará a los niños y niñas un problema y les dará oportunidad para compartir lo que piensan sobre el tópico o su experiencia con un fenómeno, así como lo que les gustaría saber. A través de este ejercicio, los estudiantes explicitan lo que piensan y en qué se sostiene ese pensamiento. Esto se realiza con frecuencia a través de una conversación, pero puede involucrar otros medios como un dibujo, un texto escrito, etc. Junto con la oportunidad para generar interés, estimular la curiosidad, y promover que los niños y niñas vayan produciendo sus propias preguntas, esta fase es fundamental para que el docente, escuchando y/u observando a los niños, reúna evidencia sobre sus ideas previas y

pueda adecuar la planificación de las actividades. Es muy importante dar tiempo suficiente para que los estudiantes piensen y formulen sus respuestas respecto del tópico, así como animarlos para que expresen sus dudas, mostrando sensibilidad ante las afirmaciones contradictorias de los estudiantes. En esta fase, los niños tienen también la posibilidad de plantear formalmente sus predicciones, y de compartir ideas sobre la planificación de la investigación.

- **Fase de exploración**

La exploración debe fomentar el descubrimiento bajo situaciones guiadas por el profesor o la profesora. La actividad exploratoria debe procurar que se sientan asombrados y motivados por el problema, así como dar lugar a la realización de observaciones rigurosas. Es el momento en que los niños y niñas trabajan con materiales concretos o información específica con el afán de reunir evidencia para contestar la(s) pregunta(s) que les permitirá(n) avanzar en la comprensión del fenómeno. Con frecuencia se utiliza una exploración experimental, pero puede recurrirse también a otras formas de obtención de evidencia. Para dar oportunidad a compartir las ideas y el trabajo con sus pares, los estudiantes se organizarán en grupos, idealmente de alrededor de cuatro integrantes. En esta etapa se facilita la observación, la descripción de fenómenos o procesos, la obtención de evidencias y el registro de lo observado, dando origen a tablas, gráficos, esquemas o diagramas. El docente deberá estar atento al desarrollo del trabajo en los distintos grupos, procurando la participación de los diferentes niños y ayudándolos a distribuir el trabajo, estimulándolos a hacerse preguntas y entregando orientación metodológica y conceptual para el progreso. En la etapa de exploración se desestabilizan los conocimientos previos para asentar el aprendizaje significativo.

- **Fase de reflexión**

Esta fase es muy exigente para el profesor y es clave para un proceso indagatorio verdaderamente enriquecedor que se distinga del simple activismo. Los estudiantes reflexionan sobre lo que han observado, relacionan los datos con sus predicciones y conocimientos previos y se profundiza la conceptualización. El docente organiza la discusión y el análisis guiando a los alumnos y alumnas a la construcción de argumentos y poniendo atención a sus aprendizajes de los distintos alumnos para ayudarlos a profundizar su comprensión y habilidades. Es el momento en que comunican y explican sus procedimientos, y resultados, tanto en forma oral como escrita, y los analizan en conjunto con sus pares.

La posibilidad de comunicar, compartir y discutir sus ideas con otros ayuda a consolidar los aprendizajes. Durante esta fase es cuando se hace más pertinente la entrega de bibliografía y documentos de apoyo que el alumno estará en condiciones de leer de forma interpretativa. En la reflexión se enriquecen los conocimientos previos de los alumnos y/o es donde se producen las modificaciones de los mismos. También se hacen públicas las opiniones y resultados de las experiencias, para confrontarlas con las del grupo, mejorando las habilidades de diálogo y comunicación, conectando el desarrollo del pensamiento científico con el desarrollo de habilidades sociales. La reflexión es un espacio privilegiado para ejercitar la escritura científica y trabajar con el cuaderno de ciencias (López, 2016). Se da la oportunidad de modelar y usar lenguaje científico y de escuchar críticamente a los pares.

• Fase de aplicación

En esta fase se ofrece la oportunidad a los niños y niñas de usar lo que han aprendido en nuevos contextos y en situaciones de vida real. La aplicación permite poner a prueba las ideas y explicaciones de los niños y niñas, y conocer cuánto ha evolucionado su comprensión y sus habilidades. Desarrolla conductas que permiten la fijación de los conceptos científicos y es el momento en que los alumnos demuestran la capacidad de enfrentar nuevos desafíos a partir de su comprensión y habilidades de indagación científica. La aplicación debe procurar relacionar la exploración con la vida cotidiana para permitir la resolución de nuevos problemas que pongan a prueba los conocimientos adquiridos. Se podrá conectar con otros contextos o áreas, formular preguntas para motivar nuevas investigaciones, leer e investigar para reforzar ideas.

A través del ciclo de aprendizaje presentado, los niños y niñas avanzan en distintas dimensiones, tales como la comprensión conceptual, las habilidades asociadas al pensamiento y el quehacer científico, y también al desarrollo de actitudes como la curiosidad (hacerse preguntas, querer saber); el respeto por la evidencia (disposición a considerar otra evidencia); la flexibilidad (disposición a replantear ideas, reconocimiento que las ideas son provisionales); la reflexión crítica (disposición a reconsiderar los métodos utilizados, deseo de perfeccionar las ideas y el desempeño) y la sensibilidad con respecto a los seres vivos y al medio ambiente.

GUÍA PARA LA PLANIFICACIÓN DE UNA LECCIÓN INDAGATORIA

La guía que presentamos a continuación entrega algunas orientaciones para la planificación de una lección indagatoria. La lección puede abarcar

una o más sesiones, pero se entiende como una sola unidad en la cual se pueden distinguir distintos momentos de acuerdo a la perspectiva del Ciclo del Aprendizaje. No pretende ser exhaustiva sino ejemplificar aspectos que deben considerarse en la planificación (columna izquierda) de modo que se lleven a cabo los procesos necesarios para alcanzar los aprendizajes esperados (columna derecha).

Guía para planificación de una lección indagatoria	
Antes de la lección	Durante la lección
Definición de los objetivos	
<p>Seleccionar la temática que se trabajará y determinar qué es lo que los niños y niñas deben saber y saber hacer al final de la lección, precisando los conceptos claves, las habilidades y las actitudes científicas.</p> <p>Considerar cómo contribuye la lección al progreso de la comprensión, teniendo en cuenta los aprendizajes previos de los estudiantes.</p> <p>Analizar cómo se relaciona el tópico de la lección con las grandes ideas y los principios de la educación en ciencias y el currículo.</p> <p>Decidir qué evidencia se utilizará para la evaluación del aprendizaje y cómo se retroalimentará a los estudiantes. Definir los momentos y medios a través de los cuales se recogerá información para la evaluación.</p>	
Focalización	
<p>Construir un contexto para el fenómeno, problema o situación que se abordará buscando concitar la atención y el interés de los niños y niñas.</p> <p>Definir el formato que se utilizará para la presentación del problema y para activar los conocimientos previos, y preparar el material.</p> <p>Preparar preguntas, capaces de estimular el interés de los niños e invitarlos a expresar experiencias e ideas propias y tomando en cuenta la diversidad del aula.</p>	<p>Introducir el problema, para lo que se puede recurrir a distintos recursos: una historia, un video, una demostración de un fenómeno, imágenes proyectadas o físicas, etc.</p> <p>Motivar una conversación con base en preguntas, dando oportunidad a todos los niños y niñas para expresarse. Escuchar atentamente sus respuestas y registrarlas.</p> <p>Incentivar los diálogos, el intercambio de ideas y las oportunidades de colaboración en el trabajo.</p> <p>Disponer la sala de manera de incentivar las interacciones, por ejemplo organizando a los y las estudiantes en grupos pequeños de alrededor de cuatro integrantes.</p> <p>Recoger evidencia sobre las ideas previas de los niños</p> <p>¿Qué piensan de...? ¿Cómo te imaginas...? ¿Has estado alguna vez en...?</p> <p>Considerar si es necesario realizar ajustes a la planificación.</p>

Exploración	
<p>Definir y diseñar el desafío o la pregunta que se presentará a los niños y niñas.</p>	<p>Presentar el desafío, el problema y la pregunta dando espacio para que los niños se familiarizan con el objeto de estudio.</p>
<p>Preparar el contexto y el material para que los niños formulen hipótesis o realicen predicciones (Harlen, 2007).</p> <p>Hipótesis: propuesta de explicación para una observación o relación ¿Por qué crees que...? ¿Qué crees influye en...?</p> <p>Predicción: anticipación de un resultado ¿Qué podríamos hacer para...? ¿Qué crees ocurrirá si...?</p>	<p>Invitar a los niños a realizar predicciones o a plantear hipótesis, que estén justificadas y no sean adivinanzas.</p> <p>Pienso que...porque Propongo que...ya que Imagino que...basado en</p> <p>Para registrar sus predicciones o hipótesis los niños pueden utilizar una guía especialmente preparada para la lección o su cuaderno de ciencias</p>
<p>Identificar todas las actividades que harán los niños y niñas, para responder la pregunta de indagación.</p> <p>Dependiendo del contexto, la indagación podrá ser más guiada o más libre, en algunos casos los propios niños planificarán la indagación, en otros, recibirán orientación precisa a través de una guía.</p> <p>Considerar que existen muchas formas de obtención de datos dependiendo de la naturaleza de la idea a explorar.</p> <p>Decidir los tiempos que ocupará cada momento, de manera que los niños y niñas puedan conversar, hacer ilustraciones científicas, escribir, así como diseñar y desarrollar la actividad exploratoria propiamente tal.</p>	
<p>Definir y organizar los materiales que se pondrá a disposición de los niños y niñas, si es que la indagación implica trabajo experimental.</p>	<p>Presentar los materiales a los y las estudiantes, de modo que puedan retirarlos y prepararse para su uso en la indagación. Ejemplos de materiales: lápices de colores, cinta adhesiva, bandejas, recipientes, termómetro, reloj, lupas, peces, plantas.</p>
<p>Preparar guías de trabajo que faciliten la planificación por parte de los estudiantes, y que los oriente en el registro y presentación de datos y procedimientos.</p>	<p>Orientar a los alumnos para la realización de su plan de investigación a fin de obtener datos o evidencias.</p> <p>Invitarlos a planificar, a identificar las variables de investigación y a registrarlas en el cuaderno o guías de trabajo.</p> <p>Estimular que los niños compartan con sus compañeros de grupo y realicen lo planificado.</p> <p>Guiar a los niños y niñas en la experimentación, en el uso correcto de los instrumentos y estimular la reflexión durante la exploración.</p> <p>Registrar lo observado respecto a la comprensión, habilidades y comportamiento de los niños, a partir de su trabajo individual o de grupo.</p>

Reflexión	
<p>Decidir cómo se guiará el procesamiento de datos. Esto puede realizarse a través de dibujos de lo observado, elaboración de gráficos o mapas.</p> <p>Definir cómo se facilitará la construcción de argumentos.</p>	<p>Algunas preguntas que se puede invitar a responder:</p> <p>¿Qué hacemos con los datos registrados? ¿Cómo los presentamos?</p>
<p>Prepararse para apoyar a los estudiantes en la construcción de argumentos o explicaciones, en base a la evidencia recogida. Esto puede ser realizado en forma oral o por escrito.</p> <p>Diseñar la forma en que se estimulará las habilidades de escritura científica y de comunicación oral.</p> <p>Definir qué evidencia se utilizará para la evaluación del aprendizaje global.</p>	<p>Solicitar a los niños que compartan su pensamiento y experiencias para construir argumentos consensuados.</p> <p>Asegurar que los estudiantes expresen y compartan sus ideas, utilizando su cuaderno de ciencias y otros medios para facilitar la comunicación oral.</p> <p>Algunas preguntas que pueden guiar el proceso:</p> <p>¿Qué fue lo que sucedió durante la exploración? ¿Cómo se relacionan los datos con las predicciones? ¿Se pueden mejorar las observaciones realizadas? ¿Es necesario repetir alguna observación? ¿Cómo cambiaron nuestras ideas? ¿Qué aprendí y cómo lo aprendí?</p> <p>Registrar las observaciones sobre la comprensión, las habilidades y el comportamiento de los niños, a partir de su trabajo individual o de grupo. Estas evidencias serán muy importantes al momento de realizar una evaluación de reporte, así como para guiar los próximos pasos.</p>
Aplicación	
<p>Diseñar experiencias para ofrecer oportunidad a los niños y niñas de usar lo que han aprendido en nuevos contextos con el fin de profundizar sus aprendizajes.</p>	<p>Presentar una nueva situación que permita transferir lo aprendido.</p> <p>Vincular este nuevo aprendizaje con otros campos del saber (las matemáticas, las artes, el lenguaje, las ciencias sociales).</p> <p>Formular preguntas para motivar nuevas investigaciones, leer e investigar para reforzar ideas.</p>

APOYO AL PROGRESO DEL APRENDIZAJE:

LA ESCRITURA CIENTÍFICA Y LA EVALUACIÓN FORMATIVA

Dos aspectos fundamentales que merecen ser destacados, por su rol preponderante para estimular el progreso del aprendizaje, en consistencia con los principios que orientan la práctica indagatoria, son la escritura científica y la evaluación formativa.

La escritura científica es una estrategia que promueve en los niños y niñas la organización de las ideas de forma escrita, con el fin de articular el procedimiento, la evidencia, la interpretación, y la explicación basada

en los hechos. Para ello desde los inicios del programa hemos dado importancia fundamental al uso del “cuaderno de ciencias” en el cual los alumnos registran no sólo sus observaciones y resultados, sino también su pensamiento. En la implementación de esta práctica nos hemos guiado por el modelo de “Escritura Científica” utilizado por el sistema de Educación Pública de Seattle (Fulwiler, 2007).

La evaluación formativa por su parte es un complemento esencial de la aproximación socio-constructivista de la metodología indagatoria y se basa en el monitoreo continuo de los aprendizajes, para el logro de los objetivos (Harlen, 2013, 2016). Desde esta perspectiva, la evaluación está orientada a acompañar y apoyar el aprendizaje de los estudiantes en la confianza que todos los estudiantes pueden aprender, se distingue así de la evaluación tradicional centrada en el juicio y el reporte. El profesor que utiliza la evaluación formativa se preocupará de reunir evidencia para orientar y decidir los próximos pasos de la enseñanza, y ayudar a los estudiantes a visualizar el estándar de desempeño que se espera de ellos, involucrándolos también en el proceso de evaluación (Harlen, 2013). Esta forma de evaluación tiene consecuencias positivas sobre dos aspectos que consideramos centrales: la creación de un ambiente de valoración, generosidad y respeto en la relación entre el docente y sus estudiantes, y de los alumnos entre sí; y la disposición al cambio del profesor para adaptar con flexibilidad su enseñanza a las necesidades de los estudiantes.

LA ARTICULACIÓN ENTRE EL TRABAJO DE LOS PROFESORES Y LA POLÍTICA PÚBLICA

Como hemos enfatizado, uno de los propósitos centrales de la educación en ciencias basada en la indagación es respetar y estimular la disposición natural de los niños a preguntarse sobre lo que observan y experimentan, guiándolos en la búsqueda de respuestas. Muchos docentes comprenden este propósito, pero al mismo tiempo deben atender los lineamientos del currículo de los distintos sistemas educacionales, los que todavía colocan el mayor énfasis en la adquisición de conocimientos, por sobre el desarrollo de habilidades o actitudes. El desafío es entonces, cómo enseñar indagatoriamente cumpliendo con las metas que el sistema educativo vigente establece sobre el desempeño de los profesores.

Para facilitar la aplicación de la metodología indagatoria, en los inicios del programa utilizamos los módulos de aprendizaje desarrollados por el NSRC, varios de ellos traducidos por el Programa Sistemas de

Enseñanza Vivencial e Indagatoria de la Ciencia (SEVIC) de México¹. Esto fue fundamental para la formación, no sólo de los profesores, sino de todo el equipo responsable. Con el avance del tiempo y el consiguiente fortalecimiento de las capacidades del equipo, se abordó el diseño de módulos alineados con el currículo nacional chileno. Las lecciones se estructuraron en torno al ciclo del aprendizaje como estrategia pedagógica y cubren desde la educación parvularia (equivalente a Educación Preescolar en México) al 8° Año Básico. El alineamiento con el currículo nacional ha sido fundamental para la adhesión de los profesores a la metodología y al programa. Un logro muy importante ha sido también la influencia que ha ejercido la aproximación ECBI sobre el currículo nacional chileno que en sus versiones más actualizadas ha incorporado como ejes orientadores de la enseñanza las grandes ideas de la ciencia y la indagación (Ministerio de Educación de Chile, 2013).

La consistencia entre los distintos elementos que afectan el trabajo de los profesores es esencial para el logro de los objetivos. Por ello, también nos hemos preocupado siempre de involucrar a sus directivos tanto a nivel de la escuela, como de la comuna o distrito. Sin una comprensión acabada de su parte es muy difícil que los profesores puedan desarrollar su trabajo en forma efectiva.

EL DESARROLLO PROFESIONAL DE LOS PROFESORES

Conscientes de que la realización de clases de ciencias utilizando la metodología indagatoria implica, para la mayoría de los docentes, un cambio radical en su práctica pedagógica, hemos diseñado e implementado programas de desarrollo profesional permanente para ofrecer el apoyo requerido. Así, nuestro rol más importante en los últimos 15 años ha sido acompañar a los docentes en su desarrollo profesional, respetando y aprovechando, las características particulares de los distintos contextos en que realizan su labor de modo que puedan innovar su práctica pedagógica en ciencias y generar las condiciones para el aprendizaje continuo.

El modelo de implementación del desarrollo profesional está inspirado en dos ideas centrales. Primero, que la innovación en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias requiere no sólo de nuevos enfoques curriculares o metodológicos, sino además de otras condiciones de

¹ <http://innovec.org.mx/home/index.php/nosotros/programa-sevic>

contexto que favorezcan el cambio. Segundo, que el cambio desde la pedagogía basada en la transmisión de contenidos, a una basada en la indagación, tiene el potencial de impactar a todo el sistema escolar (Devés y López, 2007; Devés y Reyes, 2007).

Desde principios del año 2003 se han implementado diversas modalidades de desarrollo profesional, en el marco del programa ECBI, las que han estado enfocadas a atender las necesidades de profesores que forman parte de distintas comunidades educativas, en un trabajo conjunto. Las distintas instancias de desarrollo profesional están todas sustentadas en la forma en que aprenden los niños y niñas, y junto con profundizar los conocimientos científicos y pedagógicos de los profesores, buscan desarrollar sus competencias para el aprendizaje continuo y progresivo, preparándoles al mismo tiempo para generar las condiciones de contexto que fortalezcan su trabajo. El diseño de un programa de desarrollo profesional considera siempre las necesidades específicas y las características de cada comunidad, y el empoderamiento de los y las docentes.

Independientemente de la modalidad, en todo programa de desarrollo profesional nos hemos preocupado de fortalecer la comprensión conceptual de las grandes ideas de la ciencia y acerca de la ciencia, ofreciendo a los profesores estrategias que les ayuden a reconocer las ideas previas relacionadas con las grandes ideas científicas, de manera que sirvan como punto de inicio para progresivamente enriquecerlas a través de la indagación científica. También buscamos profundizar la comprensión de lo que implica desarrollar procesos cognitivos superiores tales como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la argumentación científica, la creatividad y la innovación. Por último, nos esforzamos por brindar oportunidades para el desarrollo de las competencias intrapersonales de los profesores necesarias para la generación de una atmósfera de confianza, que permita actuar con flexibilidad, aprender de y con los otros, en un clima de alto profesionalismo y responsabilidad.

Todas las instancias de desarrollo profesional (diversos talleres iniciales, de profundización, y acompañamiento en aula) están fundadas en los mismos principios que modelan lo que se espera luego pongan en práctica los profesores con los niños y niñas:

- **La aproximación es socio-constructivista y la metodología de enseñanza – aprendizaje es indagatoria**

En las actividades de desarrollo profesional, los docentes vivencian lecciones indagatorias que les permiten asociar lo que saben con lo que tienen que aplicar al participar activamente en la expresión de ideas previas, el planteamiento de preguntas, la búsqueda de información, la planificación de investigaciones y la utilización de la evidencia para apoyar las explicaciones que se registraran sistemáticamente en sus cuadernos de ciencias. Para el desarrollo de nuevas habilidades profesionales recurrimos al modelamiento, acompañando a los profesores en el aula, instándolos a reflexionar sobre su práctica e incentivando el intercambio de experiencias. Para enfatizar la reflexión basada en evidencia, se generan las condiciones para recoger información susceptible de ser analizada y, a través de ese proceso, dar lugar a una profundización de la comprensión.

- **El trabajo es colaborativo y enfatiza el aprendizaje de todos**

Con el fin de favorecer el desarrollo de competencias interpersonales para el trabajo pedagógico y el aprendizaje continuo en comunidad, en cada programa de formación se ofrecen oportunidades para el trabajo colaborativo y reflexivo con el fin de enriquecer la práctica pedagógica indagatoria en aulas diversas e inclusivas. El trabajo colaborativo entre pares ayuda a reconocer que el apoyo mutuo en el mejoramiento continuo es una fortaleza y se aúnan esfuerzos para el logro de metas de aprendizajes de todos los niños y niñas de las escuelas.

- **La evaluación es formativa y focalizada en el aprendizaje progresivo**

El desarrollo profesional docente aspira a generar las condiciones para que los profesores, a través de sucesivas instancias de formación, puedan progresivamente profundizar sus capacidades para involucrarse en la enseñanza a través de la indagación y al mismo tiempo adquieran confianza en su práctica pedagógica. Cualquiera sea la modalidad de desarrollo profesional, se aspira a instalar capacidades para el desarrollo a través de ciclos de mejora continua y niveles crecientes de autonomía.

- **El ambiente simula el que se espera exista en la sala de clases**

La implementación de clases de ciencias requiere de condiciones de contexto distintas de aquellas que se encuentran en la enseñanza tradicional. Para ayudar a los profesores a visualizar esas condiciones, así como a distinguir qué es esencial y qué es accesorio, es muy importante que ellos reciban su propio desarrollo profesional en ambientes que puedan ser simulados en la escuela.

- **La perspectiva es sistémica**

En toda instancia de formación, aunque sea acotada, se pone en evidencia la complejidad de la tarea y los distintos aspectos que deben abordarse para cumplir con las metas de la educación en ciencias de calidad.

A continuación describiremos dos de las iniciativas de desarrollo profesional que hemos implementado, a fin de ejemplificar distintas modalidades de trabajo. No es el propósito describir la evolución del programa de manera orgánica, ni entrar en los detalles de cada experiencia, sino mostrar diversas opciones que pueden implementarse, manteniendo la fidelidad a los principios enunciados. Nuestro compromiso es estar atentos a los diversos requerimientos de la comunidad escolar y las necesidades de los profesores, lo que implica poner a su disposición diversas modalidades de desarrollo profesional de acuerdo la formación y experiencia de los docentes, la cobertura que se desea alcanzar, las características organizacionales de la comunidad en la cual se desarrolla la experiencia y los recursos disponibles, entre otras.

Desde los inicios en 2003, nuestro trabajo ha considerado que la sustentabilidad de estos esfuerzos requiere de un trabajo cooperativo que considere el trabajo a distintos niveles: la escuela, la comunidad y el sistema educacional, con la participación cooperativa de científicos y educadores, en este caso, vinculados a la Universidad de Chile. Asimismo se ha intencionado la cooperación interinstitucional con otras universidades chilenas, con el Ministerio de Educación, y con organizaciones, como empresas y fundaciones. De este modo los cambios que resulten de este trabajo impactarán a distintos niveles.

Las dos modalidades que presentan más abajo son: a) el trabajo comprensivo a nivel de toda una comunidad y las escuelas que la conforman, y b) la formación de profesores en modalidad de *b-learning* en un programa cooperativo del Ministerio de Educación y 13 universidades (Programa ICEC).

TRABAJO A NIVEL DE UNA COMUNIDAD O GRUPO DE ESCUELAS

En esta modalidad se trabaja con todos los profesores que enseñan ciencia en las escuelas involucradas en una o más comunas, en el entendido que todos tienen la capacidad y la necesidad de adquirir estas nuevas competencias. Las estrategias de desarrollo profesional se hacen cargo de las distintas necesidades de los profesores de acuerdo a su experiencia previa considerando que si bien todos pueden progresar

hacia niveles de alta competencia, se requiere de distintos caminos y tiempos para lograrlo².

- **Primera fase: estableciendo una visión común**

El trabajo se inicia estableciendo una relación con los responsables de la organización (comunidad, escuela, fundación, empresa) para que conozcan los fundamentos de esta aproximación, y tomen conciencia que el programa bien conducido puede tener impacto en el sistema; también que involucrarse en él representa un cambio significativo en su vida y la de todos los actores. Se invierte una cantidad importante de energía en generar una visión común con todos los participantes para apoyar a los profesores en sus aspiraciones. El desafío principal es instalar el concepto que la transformación es posible, pero que esto requiere de estrategias específicas y una inversión substancial ya que para innovar en la práctica pedagógica, los profesores necesitan del tiempo que les permita reflexionar sobre su práctica y adquirir nuevos conocimientos a través de la interacción con sus pares y otros miembros del equipo.

- **Segunda fase: introducción a los fundamentos de la metodología indagatoria**

La formación propiamente tal se inicia con instancias diseñadas para dar los primeros pasos desde una concepción tradicional de la educación en ciencias a una apropiación básica de la pedagogía indagatoria. Si bien es esperable que los participantes presenten distintos niveles de conocimiento científico y de experiencia en la enseñanza de las ciencias, existen elementos centrales para la implementación de la metodología indagatoria con los cuales los profesores en general no estarán familiarizados. Estos elementos formarán la base de los primeros pasos del programa de formación e incluyen: reconocer y comprender el rol del docente en la enseñanza indagatoria, las oportunidades de aprendizaje que se pueden y deben ofrecer a cada estudiante, las habilidades científicas involucradas en el proceso indagatorio y la importancia de

² Este trabajo sistémico se ha implementado en escuelas de las comunidades de Cerro Navia, Lo Prado, Pudahuel en la Región Metropolitana (colaboración con la Academia Chilena de Ciencias, la Fundación Andes, y el Ministerio de Educación), en escuelas de las comunidades de Catemu y Panquehue (colaboración con Anglo American– Chagres SUR) y de la comunidad de Villa Alemana (Departamento de Educación de Villa Alemana en convenio con Fundación Allende Connelly), Región de Valparaíso; escuela de Toconao, comunidad de San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta (colaboración con Observatorio ALMA en convenio con la Fundación Allende Connelly).

construir conocimiento de forma colaborativa. Es importante que el trabajo con los docentes se desarrolle en un ambiente en que los valores y actitudes propias del quehacer científico sean los principales pilares. Aspiramos a que este comienzo en la metodología indagatoria sirva como una instancia que motive, maraville, encante y otorgue un espacio a la reflexión de la propia práctica, entregando elementos esenciales para la aplicación de la indagación científica en las comunidades educativas.

- **Tercera fase: Sentando las bases para la formación del equipo líder de la comunidad**

En una siguiente etapa se sientan las bases para la formación de un equipo líder de la comunidad. A partir de las capacidades docentes y de liderazgo que se han develado, se forman los equipos que acompañan y estimulan el desarrollo profesional actuando como monitores, y se les acompaña en la preparación de talleres indagatorios para sus pares que se realizan durante todo el periodo del año escolar.

- **Cuarta fase: Profundización**

Los profesores que participan en los talleres de profundización, tienen al menos un año de experiencia en la implementación de la metodología indagatoria y buscan profundizar en los aspectos propios de la indagación científica, para el nivel en que enseñan. Las temáticas que se abordan incluyen profundización de la comprensión de los conceptos, habilidades científicas, y actitudes a desarrollar en los niveles de educación general parvularia, básica, diferencial y media. Al mismo tiempo se fortalece la práctica pedagógica indagatoria a través de la vivencia y reflexión de la didáctica de las ciencias basada en la indagación con el fin de valorar su proyección en el desarrollo de habilidades, pensamiento científico y actitudes de todos los estudiantes. En los últimos años se han incorporado dos elementos esenciales a los talleres de profundización. El primero, la práctica de la "argumentación científica", asociada al proceso de comprensión conceptual, desarrollo de habilidades de razonamiento científico y comunicación oral y escrita (McNeilly Krajcik, 2011). Y el segundo, el enfoque de "evaluación para el aprendizaje" que incluye la evaluación formativa como herramienta que promueve el mejoramiento integrado de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, asociado a la reflexión de diversas situaciones evaluativas aplicadas por el docente en el día a día de su quehacer.

Nuestra experiencia ha sido que el cambio esperado, se produce entre 80 y 120 horas de trabajo sistemático de pedagogía indagatoria y su

aplicación en sala de clases. En aquellos docentes con al menos 80 horas de formación, se observa mayor capacidad de reflexión, mejor manejo del currículo y su didáctica, hay una visión de trabajo en comunidad y mayor apertura hacia el trabajo con otros. La colaboración les ayuda a potenciarse y a tomar decisiones respecto de cómo guiar el proceso de aprendizaje de todos sus estudiantes. También hemos observado que hay docentes que han sido capacitados, que cumplen con los requisitos de aprobación de nuestros cursos y que no están haciendo clases de ciencias, pero están en labores de liderazgo, por ejemplo, asumiendo el rol de director/a o coordinador/a técnica pedagógica. Esto es muy positivo para avanzar sistemáticamente hacia el cambio en la escuela. Al cabo de 240 horas de trabajo, los monitores o profesores líderes logran un nivel avanzado a experto, demostrando tener la capacidad de motivar a los otros y movilizar a los sistemas escolares, a fin de construir una capacidad local que permita y estimule la autogestión y la autorregulación.

EL PROGRAMA ICEC: CURSO DE FORMACIÓN EN INDAGACIÓN CIENTÍFICA PARA LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

En 2015 el Ministerio de Educación invitó a un conjunto de 13 universidades con experiencia previa en ECBI, y entre éstas a la Universidad de Chile, a participar en la implementación de cursos de *b-learning* para la formación en metodología indagatoria de profesores de todos los niveles de educación (parvularia, general básica y media, con mención en las disciplinas científicas). La integración en la formación teórico-práctica a docentes de distintos niveles de la educación escolar es un componente inédito en este tipo de desarrollo profesional. El programa ICEC se inserta en el Plan de Fortalecimiento de la Educación Pública. En el caso de la Universidad de Chile, el curso tuvo una cobertura de 68 docentes entre 2015 y 2016, y se está por implementar una segunda versión en 2017-2018 para 35 profesores. El plan de estudios contempla 400 horas de trabajo (60% presencial y 40% virtual), distribuidas en 9 meses. Junto con el desarrollo de capacidades en metodología indagatoria, se busca promover el trabajo colaborativo, la autonomía y los liderazgos pedagógicos de los docentes, y acompañar un proceso continuo de reflexión docente considerando la participación de la comunidad científica.

La constitución de comunidades de aprendizaje se concibe en dos instancias, la Comunidad de Aprendizaje Regional, donde participan formalmente los profesores del curso de especialización, con una periodicidad de 15 días, y que es parte de las horas presenciales del curso. Una vez finalizado el curso. Una segunda instancia para la constitución de

comunidades es la Comunidad de Aprendizaje de la Escuela o Liceo. Se espera que los docentes que han participado del curso de especialización, y que forman parte de la Comunidad de Aprendizaje Regional, lideren a nivel interno en cada establecimiento, con al menos una reunión mensual, la formación de una comunidad de aprendizaje que integre a todos los profesores que realizan ciencias en dicha institución. La Comunidad de Aprendizaje de la Escuela está encargada de liderar un proceso interno de cambio respecto a la enseñanza de las ciencias en toda la escuela, definiendo su propio plan de trabajo, metas y objetivos, lo que podrán ser evaluados en conjunto con la universidad al final de cada año.

Durante el año 2017-2018, la participación de la Universidad de Chile se focalizará en la formación de profesores (as) y educadores(as) que participan en la educación de niños y jóvenes con necesidades especiales (discapacidad intelectual, múltiple, auditiva y visual) ya sean escuelas especiales, o en el programa de integración escolar, para lo que se implementará un curso de especialización en indagación científica con foco en la enseñanza en la diversidad. Esta iniciativa será una instancia de aprendizaje de alto valor no sólo para los docentes que acuden al desarrollo profesional, sino también para el equipo de profesores del Programa ECBI, y ejemplifica de manera muy vívida la voluntad de aprendizaje permanente de todos los participantes.

CONCLUSIÓN

El propósito de este artículo ha sido dar cuenta de la experiencia adquirida en el desarrollo del Programa ECBI en Chile respecto al exigente rol de los profesores y profesoras que se comprometen con la educación en ciencias basada en la indagación. Concebimos este programa como un espacio de aprendizaje para todos los participantes, los niños y niñas, los y las docentes, otros profesionales de la educación en la escuela, los directivos de los establecimientos, los apoderados, los educadores, los científicos, los empresarios involucrados en responsabilidad social y los encargados de la política pública. La forma de trabajo ha sido abordar la complejidad, haciéndonos cargo de las necesidades específicas de cada comunidad, evitando la producción de soluciones estandarizadas. Esta aproximación es consistente con el trabajo que se espera del profesor en el aula inclusiva. Si bien cuidamos que las decisiones se tomen en forma reflexiva y fundada, considerando toda la evidencia disponible, se revisan continuamente las prácticas, buscando la mejora continua.

Nuestra experiencia muestra que el cambio en las escuelas es posible cuando se trabaja en un marco de colaboración y que el trabajo articulado con redes locales e internacionales son claves para avanzar a través de un diálogo y la reflexión permanente.

Finalizamos compartiendo una reflexión de uno de las educadoras participantes que ilustra el compromiso del cual hemos sido testigos,

“Es posible afirmar que el trabajar colaborativamente con mis colegas en las jornadas de planificación y realizar acompañamientos en aula, me ha permitido empoderarme del trabajo que propone la metodología indagatoria por medio del trabajo científico; compartir experiencias de trabajo favorables y desfavorables con mis colegas de departamento, compartir impresiones y estrategias para potenciar la adquisición de conceptos y aprendizajes en los niveles de enseñanza básica , pero sobre todo me ha permitido vivenciar y reafirmar la consigna de que la metodología indagatoria es el enfoque que nuestros niños y niñas necesitan para apropiarse y ser partícipes activos del proceso de enseñanza y aprendizaje respondiendo a las necesidades e intereses de nuestros estudiantes. Por otra parte, se hace relevante el trabajo entre docentes y monitoras, reconociendo el rol del monitor como una persona que desea ayudarles durante su clase, la cual no busca juzgar ni interferir de manera negativa en su quehacer como profesional. Es importante destacar que todas las intervenciones y retroalimentaciones buscan favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de nuestros educandos y enriquecer nuestras prácticas pedagógicas”.

Educadora Natalia Moraleda, Liceo Bicentenario Mary Graham, 2017.

REFERENCIAS

- Devés, R. y López, P. (2007). International Handbook of School Effectiveness and Improvement. Tony Townsend, Editor. "Inquiry-based science education and its impact on school improvement: The ECBI program in Chile"; Springer International Handbooks of Education. Springer, Holanda, pp 887 – 903.
- Devés, R. y Reyes, P. (2007). Principios y Estrategias del Programa de Educación en Ciencias basada en la Indagación (ECBI). Rev. Pensamiento Educativo, Vol. 41, N° 2, 2007. pp. 115-131.
- Fulwiler, R.B.R. (2007). Writing in Science: How to Scaffold Instruction to Support Learning. Heinemann, NH, USA.
- Harlen, W. (2007). Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias. Ediciones Morata S.L., Madrid. España.
- Harlen, W. y cols. (2010). Principios y Grandes Ideas en Educación en Ciencias. Versión original en inglés publicada por Association for Science Education. Gran Bretaña. Versión en español accesible en <http://www.innovec.org.mx/home/images/Grandes%20Ideas%20de%20la%20Ciencia%20Espaol%2020112.pdf>.
- Harlen, W. y cols. (2013). Evaluación y Educación en Ciencias Basada en la indagación. Aspectos de la Política y la Práctica. Global Network of Science Academies (IAP). Trieste, Italia. Versión en español accesible en <http://www.interacademies.net/File.aspx?id=22671>.
- Harlen, W. (2015). Trabajando con las Grandes ideas de la Educación en Ciencias. IAP The Global Network of Science Academies. Publicado por INNOVEC, México. http://www.innovec.org.mx/home/images/4-trabajando_con_las_grandes_ideas_wharlen-min.pdf.
- IAP (2012). Taking Inquiry-Based Science Education into Secondary Education. Report of a global conference.
- La main à la pâte (2015). <http://www.fondation-lamap.org/vision/>
- Lena, P. (2015). La science, école universelle de vérité, de citoyenneté. TED x Champs Elysees Education. <https://www.youtube.com/watch?v=g5Sh7WCpEDg>.
- López, P. (2015). El Cuaderno de Ciencias en la Clase Indagatoria. Antología sobre Indagación, INNOVEC, México. pp 53-59.
- McNeill, K. L. y Krajcik, J.S. (2011). Supporting Grade 5-8 Students in Constructing Explanations in Science: The Claim, Evidence, and Reasoning Framework for Talk and Writing. Pearson, USA.
- Ministerio de Educación de Chile (1998). Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios para la Educación Media.
- Ministerio de Educación de Chile. (2013) Bases Curriculares para 7° básico a 2do medio. http://www.curriculumenlineamineduc.cl/605/articles-30013_recurso_17_04.pdf.
- Mistral, G. (1922) "La Escuela al Aire Libre" publicado en Revista Atlántida, Argentina. Citado en "El pensar y sentir de Gabriela Mistral sobre la educación de la primera infancia, sus educadores e instituciones". M. Victoria Peralta, 2012. Universidad Central, Chile.
- National Sciences Resources Center (1997). Science for All Children: A Guide to Improving Elementary Science Education in Your School District. The National Academies Press: Washington, DC.
- Nehru, J (1946). The Discovery of India Oxford: University Press. (Centenary ed. 1989). p. 513.



-Sing-Kong Lee (2017). Singapore's Education System: Some Key Success Factors. <http://www.nzcpr.com/singapores-education-system-some-key-success-factors/>
-UNESCO (2016). Desglosar el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4. Educación 2030. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002463/246300s.pdf>

PATRICIA LÓPEZ STEWART

Profesora de Biología y Ciencias Naturales y Maestra en Educación por la Universidad de Chile, se ha dedicado al diseño y la evaluación curricular de metodología para la Enseñanza de la Ciencia, así como al desarrollo profesional de docentes en ciencias. Por 10 años se desempeñó como responsable de los Programas de Educación en Ciencias Basados en la Indagación del Ministerio de Educación de Chile. Actualmente es Directora de Pedagogía en Ciencias Naturales, especialidad en indagación de la Facultad de Educación de la Universidad Alberto Hurtado en Chile.



EL MODELO INDAGATORIO EN EL DESARROLLO PROFESIONAL DOCENTE

.....

“...para que los estudiantes logren aprendizajes significativos es necesario que tengan un papel activo en el proceso de generación de su propio conocimiento, y para que esto se logre, deben tener la oportunidad de experimentar e indagar en forma constante, donde puedan desarrollar habilidades científicas y las puedan aplicar a múltiples situaciones, formándose como ciudadanos informados, preparados para tomar decisiones criteriosas, cuestionándose, juzgando en forma adecuada las diferentes alternativas que se les presentan y donde puedan pensar y razonar por sí mismos.”

(Profesora Curso ICEC-UAH 2016-2017)

Desde la implementación en el año 2003 del modelo indagatorio para la Educación en Ciencias en Chile, con sus correspondientes cursos para introducir a los docentes en los principios metódicos de la indagación científica como enfoque pedagógico y didáctico, fue posible percibir que esta modalidad de enseñanza y aprendizaje resulta atractiva y efectiva tanto en el aula escolar como en las diversas formas de desarrollo profesional docente, especialmente en la medida que el diseño de esta actividad se base en los fundamentos metódicos de la indagación.

En los párrafos siguientes se exponen, someramente, algunos principios y fundamentos de la indagación para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y se contrastan, a modo de ejemplo, con su aplicación concreta en un curso, organizado en el marco del Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencia (ICEC) del Ministerio de Educación de Chile e implementado por la Universidad Alberto Hurtado.

Las referencias a la organización y resultados de dicho curso provienen de la publicación "Indagación científica para la educación en ciencias: un modelo de desarrollo profesional docente", 2017.¹

LA CIENCIA Y LA CIENCIA EN LA ESCUELA:

NUEVAS EXIGENCIAS PARA LA FORMACIÓN DOCENTE

La proposición de estrategias didácticas, métodos y modelos específicos de educación en ciencias debe partir de una problematización de su propio objeto. Es decir, la relación entre ciencias y educación en ciencias ya no aparece como un vínculo directo entre el conocimiento científico acumulado sobre los fenómenos de la naturaleza y los procesos de enseñanza-aprendizaje en la escuela.

Por una parte, en el plano de la educación, se discute la necesidad de proyectarse hacia una nueva forma de relacionarse con el mundo y la sociedad, en los cuales los saltos en el desarrollo tecnológico y científico propician también importantes variaciones culturales, sociales y cognitivas.² Las conclusiones provisionales de este debate se relacionan con la incorporación de tecnologías a los procesos pedagógicos (y, recientemente, en la educación en un uso seguro y responsable de los mecanismos de comunicación que proveen dichas tecnologías), la promoción de contextos colaborativos de aprendizaje, la formación de la inteligencia social y emocional de los alumnos y, más en general, el establecimiento de un enfoque diferente frente al conocimiento, que ya no es concebido como un cuerpo preestablecido y jerarquizado que se transmite, sino como un flujo dinámico de información en red que debe ser *gestionado*.

Esta visión general supone la *adaptación* de la escuela a procesos globales de transformación en la sociedad, y la expectativa de que se transforme en un factor central en el impulso de la sociedad del conocimiento. Sin embargo, crecientemente se le han añadido nuevos factores a esta perspectiva, que hablan de las crisis e incertidumbres que provoca una sociedad mundial cambiante. Así, por ejemplo, la OCDE señala como tendencias actuales a las cuales la educación debe dar

¹ Elaboración: Patricia López Stewart. Colaboradores: Antonia Larraín; Evelyn Isla, Claudio Álvarez, Universidad Alberto Hurtado, 2017.

² Cfr. Daniel Bell, *The Coming of Post-industrial Society*, Basic Books, Nueva York, 2008; Manuel Castells, *The rise of the network society*, 2, Wiley-Blackwell, Chichester, 2010.

respuestas la “integración económica, migración, cambio climático y un aumento de la desigualdad; la educación tiene que jugar un rol en proporcionar las habilidades y competencias necesarias para operar en este nuevo mundo. Tiene el potencial de influenciar las vidas de los más desaventajados y es una herramienta poderosa para reducir la inequidad. También puede ayudar en la integración de los migrantes, enseñándoles habilidades básicas, así como inculcando valores y ayudando a definir una identidad.”³

Se puede argumentar que, en Chile, esta difícil situación se refleja en un *cierto giro institucional* que ha tomado amplio debate en torno a la educación, empujado por vastas movilizaciones sociales. Se contraponen proyectos, intereses y visiones de mundo en el ámbito de la organización administrativa, del marco legal y constitucional, del financiamiento, del acceso, de la inclusión, etc., del *sistema* educativo, por sobre la reflexión sobre la educación “en sí y para sí”.

Esta situación tiende a reforzar la concepción de la educación como eminentemente instrumental, en la que sus *propósitos y objetivos propios* no aparecen como una contribución a la sociedad, sino como un refuerzo al logro de metas que, con respecto a la educación, le son externas y abstractas. En este sentido, la noción de la educación como herramienta para el desarrollo económico, pero también para la formación para la ciudadanía, la cohesión social, la inclusión, etc., crea una paradoja. Es la educación la que debe resolver los problemas económicos, políticos y sociales; y son otros factores, justamente, la economía, la política y las corrientes de la sociedad civil, los que definen a la educación.

En el caso de la relación entre educación y las ciencias, esta paradoja se muestra de manera más aguda. Pensemos en algunos fenómenos actuales. A propósito de la implementación de programas para la prevención del virus del papiloma humano, el Ministerio de Salud de Chile ha realizado campañas masivas de vacunación entre la población femenina de 4° y 8° básico⁴. Los procedimientos se realizan en los colegios. Padres y apoderados son informados mediante los conductos

³ OECD, Trends Shaping Education 2016, OECD Publishing, Paris, 2016, p. 15.

⁴ “Vacunación contra el Virus del Papiloma Humano”, Ministerio de Salud. Gobierno de Chile, consultado el 2 marzo 2017, en <http://web.minsal.cl/vacunacion-contra-el-virus-del-papiloma-humano/>.

normales de comunicación de los establecimientos. Sin embargo, se han conocido varios casos en que, no sólo padres individuales han negado su consentimiento, sino que se han organizado en grupos que expresan colectivamente su rechazo a la campaña. Los motivos aducidos se pueden agrupar en tres categorías, de acuerdo a los reportes que se han conocido: la vacunación en contra de un virus que se transmite por vía sexual, sugeriría, indebidamente, que las niñas *ya tienen actividad sexual* o, al revés, que se les está incentivando a ella; otras razones que se relacionarían genéricamente con creencias religiosas; y, la noción de que la vacuna tendría graves efectos secundarios adversos que, sin embargo, son negados por los responsables de la campaña.⁵

Mientras los dos primeros motivos podrían desecharse como ajenos a la deliberación científica, la tercera se relaciona de manera directa, aunque sesgada, con la evidencia y su valoración. Hay indicios suficientes, dicen estos padres, de que las vacunas suministradas provocan graves patologías y, agregan, “las autoridades” (es decir, profesores, directivos del colegio, enfermeras y funcionarios del departamento municipal de salud y de la Seremi de Salud), no son capaces de probar que la vacuna es segura. En otras palabras, se les confiere a las versiones recogidas en las redes sociales sobre hechos calamitosos ocurridos luego de la administración de la vacuna tanta validez y evidencia como a los estudios considerados por los comités científicos.

¿Cómo enfrentar esta situación? ¿Quién debe hacerse cargo de este problema? La primera reacción, cabe suponer, es decir que “hace falta educación”. Una respuesta necesaria, pero no suficiente: omite que las alumnas asisten a clases de ciencias en las que se enseñó cómo funcionan las vacunas, olvida que los apoderados también *tuvieron* esas clases de ciencias, y soslaya que en los consultorios *también se educa*, y que un

⁵ Cfr. “Declaran admisible recurso de protección contra vacuna del papiloma humano en Puerto Montt”, Radio Biobío, 2016, consultado el 2 marzo 2017, en <http://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-de-los-lagos/2016/10/22/declaran-admisible-recurso-de-proteccion-contra-vacuna-del-papiloma-humano-en-puerto-montt.shtml>; Judith Herrera, “OMS dice que judicialización de vacuna contra papiloma en Chile es inédita”, La Tercera, 2016, Santiago de Chile; Katherine Escalona, “Entrevista a Humberto Soriano, vicepresidente de la Sociedad Chilena de Pediatría: «Los grupos anti vacuna son peligro para las mujeres del mañana en Chile»”, El Mercurio de Valparaíso, 2016, Valparaíso; Daniela Toro, “Rechazo a la vacuna contra el Papiloma Humano: Una dosis de controversia”, 24horas.cl, consultado el 2 marzo 2017, en <http://www.24horas.cl/nacional/rechazo-a-la-vacuna-contra-el-papiloma-humano-una-dosis-de-controversia-2153889>

componente fundamental de la salud pública es la educación sanitaria de la población general.⁶

Si consideramos ejemplos análogos y, acaso más complejos, pues involucran más decididamente al propio discurso científico, como la negación del cambio climático o el llamado creacionismo, es necesario analizar cómo las ciencias comparecen ante la educación.

EL DINAMISMO DE LA CIENCIA Y EL ESTANCAMIENTO DE LA ENSEÑANZA

Se debe reconocer que las ciencias, sus conclusiones y métodos, su ámbito de aplicación, sus problemas y perspectivas, son *diferentes* al contenido positivo de la educación en ciencias. Los enfoques más importantes para sistematizar estos componentes de la ciencia contemporánea tienen su origen en la crisis que supuso la *dinamización* de las nociones científicas que supusieron avances como la teoría de la evolución de Darwin o la formulación de la segunda ley de la termodinámica. La superación del antiguo determinismo científico abrió paso a intentos de proveer una explicación global sobre esa dinámica de la ciencia: la noción de los paradigmas científicos de Thomas Kuhn, de los programas de investigación de Imre Lakatos, la indeterminación radical de Paul Feyerabend, la incorporación de los factores sociales contenida en la concepción del constructivismo o tendencias recientes como el realismo crítico de Roy Bhaskar, etc.⁷ Todos esos enfoques se vuelcan sobre la propia ciencia, buscando definir sus límites, posibilidades e incertidumbres.

⁶Un estudio realizado entre adolescentes de entre 13 y 19 años de colegios municipalizados de la Región Metropolitana, estableció que sólo un 20% desconocía la existencia de una vacuna contra el VPH, y concluyó que “las adolescentes conocen sobre la transmisión del VPH; sin embargo, las conductas preventivas no se relacionan con dicho conocimiento” y que la “necesidad de educación en este tema ha sido descrita como relevante, dado que un gran porcentaje tanto de Chile como del mundo desconoce aspectos claves al respecto, lo que sumado al inicio de la actividad sexual, cada vez más precoz en los adolescentes, obliga a entregar información respecto de las vías de contagio y el riesgo real de contraer el VPH”. cfr. Teresa Urrutia; Ximena Concha; Giselle Riquelme; Orlando Padilla, “Conocimientos y conductas preventivas sobre cáncer cérvico-uterino y virus papiloma humano en un grupo de adolescentes chilenas”, Revista chilena de Infectología, vol. 29, 6, 2012.

⁷ Cfr. Thomas S. Kuhn, La estructura de las revoluciones científicas, Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México, 1989; Imre Lakatos, La metodología de los programas de investigación científica, Alianza, Madrid, 1998; Paul Feyerabend, Against method, Verso, Londres, 2010; Barry Barnes; David Bloor; John Henry, Scientific knowledge: a sociological analysis, University of Chicago Press, Chicago, 1996; Roy Bhaskar, A realist theory of science, Routledge, Londres, 2008.

Sin embargo, en la escuela, la ciencia aparece bajo la forma de un cuerpo de conocimiento ya definido y clausurado, con un método unívoco y en que los experimentos tienen una función ilustrativa que no sufren de problemas de replicación, sorpresa o incertidumbre. Desde el punto de vista teórico, la ciencia es presentada con la visión de mundo de la mecánica newtoniana, i.e. "determinista, reversible, causalmente cerrada, atomística y homogénea en su concepción del espacio, tiempo y de las entidades y su medio ambiente".⁸

Uno de los desafíos de la educación es representar adecuadamente el dinamismo, la complejidad y las relaciones de nuestro mundo. Pero ese objetivo, a nuestro juicio, atraviesa el propósito de la formación de nuestros niños y jóvenes en su autonomía moral e intelectual para, no sólo comprender, sino que situarse y actuar conscientemente en este mundo. El enfoque indagatorio, sostenemos, al tener su punto de partida en las capacidades y el potencial de los niños, es el camino que puede ayudar a recorrer los diversos campos que aparecen separados: la ciencia, la educación, la sociedad, las comunidades, los alumnos, la escuela, los docentes. Lo hace debido a que se dirige a la *actividad*, al trabajo, de la construcción de conocimiento y de la formación de las personas, mediante la cooperación, la observación, el método, la crítica, el diálogo, la apertura y la disposición hacia lo nuevo.

INDAGACIÓN EN LA FORMACIÓN DOCENTE PARA LA INDAGACIÓN EN LAS AULAS ESCOLARES

La formación continua de docentes que ejerzan su profesión con entusiasmo y dominio conceptual y didáctico es uno de los objetivos de la indagación científica escolar, modelo pedagógico que, en diferente escala, se aplica en Chile desde el año 2003. Se trata de preparar profesionales con sólido y consistente dominio de contenidos disciplinares, siempre en intrínseca e indivisible proyección hacia su tratamiento didáctico: los docentes sabrán enseñar los contenidos porque ellos los habrán aprendido para enseñarlos, considerando respetuosamente la realidad de sus escolares, su diversidad social y cultural y sus estilos de aprendizaje, bajo la premisa de que todos pueden aprender.

⁸ Dimitrios Schizas; Dimitris Psillos; George Stamou, "Nature of Science or Nature of the Sciences?", *Science Education*, vol. 100, 4, 2016, pp. 714-716.

El modelo indagatorio está también orientado a enfrentar el desarrollo profesional de los docentes en una cultura integradora de las ciencias, relacionando así la incidencia de los diferentes fenómenos que interactúan en un determinado proceso, dejando atrás la visión de estancos de saberes aislados en la enseñanza de las ciencias.

La incorporación del esquema indagatorio al aula y en los programas de formación docente continua, otorga un carácter significativo a los conocimientos alcanzados, en la medida que estos son de aplicación y utilidad inmediata y mediata. Al mismo tiempo, los estudiantes se familiarizan con una estrategia metódica que pueden aplicar en la búsqueda de nuevos conocimientos, en la resolución de problemas de la vida cotidiana o para enfrentar mejor situaciones relacionadas con el ejercicio de la ciudadanía: participación, reflexión, argumentación fundada en evidencias, colaboración e intercambio, y el diseño de propuestas.

El fomento del espíritu crítico, de la curiosidad, de la reflexión, del debate con argumentación fundamentada y del trabajo colaborativo e inclusivo en la búsqueda de proposiciones y respuestas, confieren a las clases de ciencias indagatorias la categoría de actividad participativa y a los aprendizajes el valor adicional de construcción social.

El Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencias, ICEC, propuesto por el Ministerio de Educación de Chile e implementado por la Universidad Alberto Hurtado⁹, tiene como propósito contribuir al desarrollo profesional de docentes, acercándoles a una comprensión de enseñanza y aprendizaje de las ciencias que les posibilite, en trabajo colaborativo y solidario, la aplicación en sus aulas de la indagación científica como enfoque didáctico que propicia la generación de *comunidades que aprenden*.

Para la consecución de este propósito, en todas las actividades del programa ICEC se ponen en práctica los mismos principios que los profesores utilizarán en el aula: trabajo colaborativo, participación, respeto por la individualidad y los ritmos de aprendizaje, el debate, la adecuada consideración del contexto (social, cultural, económico, étnico,

⁹El Programa ICEC, propuesto por el Ministerio de Educación de Chile, es implementado, con diferentes enfoques, por 13 universidades a lo largo del país.

regional) y, especialmente, la relevancia de la argumentación y de las conclusiones respaldadas por evidencias.

Los principios enunciados establecen una clara distancia con la clase expositiva y la mera memorización, tanto en el trabajo en escuelas y liceos como en los esfuerzos en pos de la formación inicial y el perfeccionamiento docente. Estos principios, igualmente, se alejan de la noción de que los datos y los enunciados memorizados serían reales aprendizajes. En la clase indagatoria, el aprendizaje se entiende como un conjunto de saberes integrados, aplicables en otras situaciones, que incluyen el procedimiento mediante el cual se obtuvo tal o cual resultado. Los procedimientos empleados, tan valiosos como el resultado mismo, serán útiles para resolver otras situaciones en el ámbito escolar, en el entorno real y en la vida ciudadana.

COMUNIDADES DE APRENDIZAJE

En este modelo de formación, los docentes son incentivados a la búsqueda de la necesaria adecuación de sus dominios conceptuales, de tal forma de transformarlos en insumos dinámicos, indispensables para el diseño de clases indagatorias. Esta modalidad de trabajo impulsa a los docentes participantes a actualizar sus conocimientos adquiridos en la formación inicial y experiencia profesional, y a reforzar sus habilidades y competencias para el mejor aprovechamiento de los recursos tecnológicos ahora masivamente disponibles.

El cumplimiento de los propósitos descritos es la base para la conformación de una comunidad docente de aprendizaje que debiese evolucionar hasta impregnar el quehacer de toda la comunidad escolar.

Las comunidades de aprendizaje, tal como las clases indagatorias, se entienden como una instancia de participación, intercambio y debate, cuyos resultados, además de su utilidad para la práctica docente, adquieren el valor de producto social. Es decir, serán el reflejo de las ideas, experiencias y visiones de cada uno de los participantes de la comunidad, las que el conjunto ha sometido a análisis y discusión, hasta llegar, idealmente, a consensos globales.

Poner en práctica las comunidades de aprendizaje docente es un paso indispensable para trasladar al aula las ventajas del trabajo colaborativo, que redundará en aprendizajes y desarrollo de habilidades, cuya calidad dificultosamente podría alcanzarse en trabajo individual.

En esta práctica, adicionalmente una instancia para adentrarse en el difícil pero indispensable buen manejo de la diversidad y la inclusión debe primar el respeto a las personas, sus propuestas, sus ideas, su biografía y la argumentación respaldada por evidencias, como modo de enfrentar las divergencias.

Esta forma de trabajo puede entenderse también como una aproximación al trabajo de científicos que, mediante el intercambio y socialización de sus avances, dan lugar a la necesaria retroalimentación de la cual surgen nuevas perspectivas, o simplemente matices, que confirmarán la validez de los avances o los redireccionarán hacia una nueva búsqueda.

Conscientes de que la escuela está siempre ubicada en un contexto social y cultural determinado, no es posible ignorar que la favorable acogida de la comunidad de aprendizaje como instancia de intercambio se refuerza con la necesidad de mayor participación y de formas sistemáticas e institucionales para transformar las propuestas ciudadanas en proyectos organizados estructuralmente.

La escuela por definición, a través de sus escolares, es receptora de las sensibilidades de la ciudadanía y debiese aprovechar tal inquietud por participar y ofrecer mecanismos e instrumentos útiles para este ejercicio ciudadano.

LOS COMPONENTES DEL MODELO: NUEVO ROL DOCENTE

La introducción y práctica exitosa de la indagación científica escolar requiere abordar una serie de adecuaciones que inciden en diferentes estamentos y ámbitos del ser y quehacer de la comunidad escolar. Ciertamente, el centro de tales innovaciones está orientado inconfundiblemente hacia la consecución de aprendizajes que, superando la acumulación de informaciones y datos, se consoliden en saberes consistentes que escolares y liceanos identifiquen como base para la búsqueda de nuevos aprendizajes, la construcción de nuevos saberes y para enfrentar situaciones de la vida cotidiana. Entre las adecuaciones mencionadas destaca como cambio esencial el trabajo en el aula, considerando desde el rol del docente y de los escolares y liceanos hasta las formas de relación docente-alumnos y entre pares alumnos. La necesaria adopción de estos nuevos roles esta inserta en un diseño en el que los docentes plantean un desafío científico y organizan, en acuerdo con el plan de la clase, los "descubrimientos", preguntas y cuestionamientos planteados por niños y niñas. Este rol mediador del docente exige una permanente actualización

y dominio de los contenidos a tratar para alcanzar competencias que les permitan incorporar los aportes de los estudiantes, incluyendo errores, a la línea programada para el desarrollo de la clase. Este diferente rol del docente puede expresarse en que el profesor ya no será quien pregunta o “informa” sino quien motiva a sus alumnas y alumnos a plantear de preguntas, a formular de hipótesis y organiza la búsqueda de respuestas.

Por su parte, los estudiantes avanzarán paulatinamente en la innovación de sus expectativas y responsabilidad en relación con la escuela hasta entenderla como un espacio en el que pueden participar y aportar y que les permite y exige poner en juego sus elaboraciones intelectuales formales e informales, sus vivencias y, sobre todo, sus dudas, sus inquietudes, sus preguntas. El modelo pedagógico indagatorio busca que la visión de escolares y liceanos en torno a la escuela y a las clases evolucione desde aquel lugar en que se les enseña o se les “cuenta” cosas hacia un espacio en el que aprenden a adquirir y utilizar herramientas útiles y propias para su participación colaborativa en el quehacer escolar, en la vida cotidiana y en el ejercicio ciudadano.

LA CLASE INDAGATORIA

Las clases de ciencias concebidas con el modelo indagatorio conceden esencial importancia al trabajo colaborativo entre pares y al rol de guía y mediador con que el docente conduce el trabajo del grupo curso. De allí la importancia de que, en la formación docente, se apliquen los mismos principios pedagógicos y didácticos que utilizarán los docentes en sus clases de ciencias. Una clase indagatoria se desarrolla a partir de preguntas motivadoras en torno a las cuales niños, niñas y jóvenes, formulan predicciones, establecen relaciones entre sus conocimientos previos y sus observaciones vivenciales y diseñan estrategias que les permitan obtener resultados en torno a los problemas planteados. Para este proceso el curso se organiza en grupos, cuyo estilo de trabajo interactivo debe recurrir al análisis, a la observación, a la inferencia, al debate organizado, a la argumentación respaldada por evidencias, a la experimentación. La reorganización del espacio de la sala se orienta a lograr un clima de aula que favorezca la creatividad. Tal innovación implica una reformulación del concepto tradicional de disciplina en el aula: en lugar del silencio y la quietud, se valorará la organización, la oportunidad y el respeto ante las intervenciones de los estudiantes y una disposición crítica, especialmente frente a formas incipientes de *bullying* o matonaje escolar. Los aportes de los estudiantes, por extemporáneos o descontextualizados que parezcan, jamás justificarán la descalificación

o la burla. En la clase indagatoria el docente y los estudiantes estarán dispuestos a considerar toda intervención como probable insumo para el aprendizaje. Mediante la reflexión y el debate, el grupo curso, incluido el docente, podrán conocer y analizar las evidencias en que se fundamentan los aportes individuales y grupales y debatir en torno a su validez y vigencia. Tal clima de aula confiere a la clase el carácter de ejercicio formador de ciudadanía en el que se ofrece espacio para la participación creativa, cuestionadora y deseablemente “discutidora”. En este espacio, escolares y liceanos reconocerán el valor del respeto en la relación entre pares y de la responsabilidad personal en un proyecto colectivo.

EL REGISTRO: ESCRIBIR PARA APRENDER

El docente debe preocuparse de que los estudiantes lleven un registro individual y grupal de los diseños indagatorios empleados y las conclusiones alcanzadas, incluyendo tanto las dificultades encontradas, como las dudas que persistan y los intentos indagatorios que resultaron inconducentes. Posteriormente, en los protocolos de cada grupo se condensan los aportes individuales para ser presentados al curso, instancia en que los registros serán analizados, contrastados y debatidos en “plenario” hasta alcanzar conclusiones que resuman los resultados. El debate en torno a las diferentes posiciones y visiones consignadas en los protocolos propiciará la aproximación de los estudiantes a una cultura de intercambio de ideas, de valoración del diálogo y de la argumentación fundamentada como camino para dilucidar posiciones contrapuestas. Esta dimensión metódica del modelo contribuye en forma decididamente efectiva al mejor uso del lenguaje oral y escrito. El grupo curso confiere atención a la claridad y precisión de los argumentos expuestos y reflexionará sobre la forma de exponer y redactar sus registros personales, adecuándolos de manera que estos logren ser entendidos por todos.

El modelo pedagógico indagatorio introduce modificaciones significativas en la preparación de la “clase de ciencias”. El diseño de las clases deja de ser un trabajo unipersonal del docente y se reemplaza por elaboraciones y estrategias formuladas por un equipo conformado por docentes al que, según necesidad, se incorporen científicos, expertos, docentes directivos o apoderados o personas del entorno de la escuela. Esta forma de trabajo colaborativo posibilita que, además de acceder a diferentes visiones en torno al tema de la clase, el profesor actualice y diversifique su preparación sobre los contenidos y adquiera mejor conocimiento de

la realidad social, cultural, étnica y económico-productiva en que están inmersos sus estudiantes. Conocer los códigos, los usos, los logros y expectativas de la comunidad a la cual pertenecen sus estudiantes es un punto de partida que facilitará la relación docente-alumno y el desarrollo del proyecto pedagógico.

Es importante considerar que la enseñanza de las ciencias, además de tratar los contenidos curriculares, presenta una singular posibilidad de fomentar habilidades de pensamiento científico que favorezcan la expresión de un espíritu crítico que cuestione planteamientos presentados como verdad, especialmente aquellos que carezcan de respaldo de argumentación o evidencia. Estas habilidades trascenderán a la escuela y al liceo y serán de utilidad en el ejercicio de un ser ciudadano más sólido, coherente y responsable. Desde esta perspectiva, las clases de ciencias son una instancia útil para la formación de ciudadanos con capacidad de analizar y juzgar las alternativas ofrecidas y que dispongan de herramientas para, creativamente, formular otras diferentes.

ESCUELA Y COMUNIDAD

La aplicación del modelo indagatorio involucra a toda la comunidad escolar. El docente necesita la cooperación de padres, apoderados y figuras significativas de los escolares para que valoren, faciliten y apoyen las nuevas formas de trabajo y se involucren en una nueva dimensión de las "tareas para la casa". En lugar de repeticiones o copias de libros o de Internet, ahora las tareas consistirán en enfrentar desafíos y en la ampliación y profundización de los aprendizajes del aula. Por su parte, la comunidad se siente motivada y, según la experiencia en anteriores implementaciones del modelo, busca espacios de participación y colaboración con el docente y la escuela. Este involucramiento de la comunidad escolar, que no requiere formas complejas de organización, brinda a los docentes la posibilidad de detectar entre los participantes a quienes pueden desempeñar roles como "asistentes pedagógicos". El maestro puede también identificar a expertos y artesanos de diferentes áreas dispuestos a exponer su arte ante los estudiantes e invitar a colaboradores que asuman tareas de mantención y cuidado de, por ejemplo, huertos escolares en el patio, también a modo de ejemplo, la colaboración en elaboración y mantención de material didáctico.

El contacto directo y frecuente con integrantes de la comunidad escolar facilitará que los docentes se familiaricen con la cultura y los usos en que están inmersos sus estudiantes, conocimiento que será de utilidad para

la selección, diseño y definición de las estrategias para las actividades de clases.

EXTENDER LA ESCUELA

De esta interacción con la comunidad el docente detectará también oportunidades para “agrandar” la escuela. El aprovechamiento pedagógico de dependencias escolares distintas al aula desvirtúa la noción de que sólo en la sala se enseña y se aprende. Similar proyección se establece con la incorporación de diversos lugares del entorno de la escuela al proyecto pedagógico. El docente indagatorio debe poder convertir en *situaciones de aprendizaje*, situaciones o procesos cotidianos de las calles, las plazas, etc., cualquiera sea su estatus. Por ejemplo, la observación y discusión en torno al tendido eléctrico y sus empalmes con las viviendas puede ser un punto de partida para comprender qué es y cómo se transmite la electricidad o cómo funcionan los circuitos eléctricos. Los docentes también pueden incorporar al proyecto de clases los talleres u otros emprendimientos vecinales y realizar visitas guiadas que conecten los aprendizajes de aula con situaciones tangibles de la vida cotidiana y productiva.

En el concepto de Comunidad Escolar que preconiza el modelo pedagógico de la indagación, tal como se planteó anteriormente, se estimula la formación de comunidades de aprendizaje para la actualización y profundización docente. La participación, permanente o esporádica según pertinencia, de docentes de escuelas cercanas, de científicos, de académicos o investigadores de la didáctica y la pedagogía incrementará, mediante el intercambio y la exposición de experiencias y saberes, los conocimientos específicos del docente y le abrirá la posibilidad de acceder a nuevas ideas e informarse sobre estrategias probadas para enfrentar posibles obstáculos. De esta posibilidad de interacción e intercambio colaborativo surgirán proyectos colectivos de desarrollo profesional docente con el propósito de incidir y extender el mejoramiento de los aprendizajes de los estudiantes. La consolidación de las Comunidades de Aprendizaje se potenciará mediante la organización de congresos anuales de profesores generando oportunidades para compartir avances, obstáculos y nuevas propuestas a partir del intercambio entre docentes y entre éstos y científicos/expertos.

ENFOQUE INDAGATORIO: INNOVACIÓN EN EL DESARROLLO PROFESIONAL DOCENTE

El propósito y objetivo esencial del desarrollo profesional docente indagatorio se orienta principalmente al trabajo en el aula. El cúmulo

de estrategias y proposiciones teóricas tratadas y analizadas, los aportes de los participantes y la sistematización de éstos tienen como propósito esencial que, en el aula, enfrentados a los alumnos, los docentes logren que escolares y liceanos participen activa y colaborativamente en la construcción de sus aprendizajes y en la consolidación de sus saberes.

La aplicación de la indagación científica en el aula implica una serie de innovaciones y transformaciones en el tratamiento de los contenidos y en la forma de trabajo de los profesores, de los alumnos y del equipo o comunidad de aprendizaje que necesariamente debe conformarse para conducir el concepto de la indagación a una práctica exitosa. Desde esta perspectiva, los programas de desarrollo profesional docente deben encarar las dificultades inherentes a la innovación y a la reformulación de la visión y la práctica conocida. Un desafío básico de estos programas es lograr preliminarmente una disposición o apertura al cambio por parte de los docentes participantes y de todos los estamentos de la comunidad escolar. Singularmente trascendente en este proceso es el replanteamiento de la concepción de enseñanza y del aprendizaje que en la clase indagatoria se alejan de la entrega de información por parte del docente y de la memorización de ésta por parte de los estudiantes. En el aula, el docente será un mediador que abandona la exposición, la rigidez y despersonalización del texto escolar y confiere importancia a los saberes previos de sus alumnos, sus códigos, sus preconcepciones y expectativas. Dicho cambio en la visión de la enseñanza y el aprendizaje conlleva la reformulación de los roles, tanto del profesor como de los escolares y liceanos. En el caso de los docentes, la innovación consiste en modificar un estilo de trabajo individual a otro de comunidad de aprendizaje que colaborativamente participa en la actualización de los contenidos, en el estilo de la práctica pedagógica y en la evaluación de todos los procesos implícitos. Este trabajo entre pares, y según necesidad con la incorporación de científicos o expertos, tiene incidencia en la organización tradicional de la escuela y el liceo, obligando a extender la motivación al cambio a toda la comunidad escolar.

Para enfrentar la reconocida reticencia en relación con la introducción de cambios, el programa del curso de especialización intermedio cuenta con el respaldo de la experiencia y aprendizajes logrados en la implementación precedente del modelo indagatorio en todas las regiones del país. En esta ocasión, la aceptación de innovaciones en torno al quehacer de la escuela y del liceo se enmarca en un proceso de reformas globales que apuntan a lograr una mayor calidad de la enseñanza y del aprendizaje en el sistema

escolar. Adicionalmente, se debe tener presente que docentes y otros estamentos de la comunidad escolar buscan oportunidades de desarrollo profesional que les permitan revertir cierta imagen de desprestigio y menoscabo de su capacidad para acometer adecuadamente la tarea formadora que la sociedad les encarga.

En relación a los contenidos del programa de desarrollo profesional docente que se propone, destacan la apropiación por parte de los participantes de la indagación científica como enfoque pedagógico y didáctico; el tratamiento de una concepción actualizada de la ciencia y sus diversas formas de trabajo; el desarrollo de la reflexión y el análisis del saber acumulado en torno a la didáctica, la pedagogía y del quehacer y la práctica docente; la introducción de sistemas de evaluación coherentes con la propuesta didáctica; y el ejercicio de formas de trabajo colaborativo en pos de la construcción de comunidades de aprendizaje que fomenten la permanente actualización de los contenidos y socialicen las reflexiones y experiencias.

Las acciones de formación y desarrollo profesional docente se realizan según el enfoque pedagógico y didáctico de la indagación y están dirigidas al trabajo específico en aula. En concordancia con el marco conceptual expuesto, están organizadas en torno a los siguientes principios:

- Tiene como centro a los alumnos y sus aprendizajes. Considera la preparación y las necesidades particulares de los grupos de docentes a los cuales está dirigido. Valora el saber, la experiencia y las expectativas de los docentes.
- Promueve la investigación sobre la práctica (análisis, reflexión, observación, evaluación, crítica pedagógica) con el objetivo de generar conocimiento de la práctica y acceder y reconstruir conocimiento para la práctica.
- Promueve la conformación de comunidades de aprendizaje motivando la construcción de una cultura pedagógica compartida en torno a principios, concepciones y prácticas sobre la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación, el trabajo docente. Apoya los cambios sistémicos y compromete a la escuela y la comunidad.
- Destaca la importancia de la permanente actualización y de la incorporación en el tratamiento de los contenidos de nueva información en el ámbito del quehacer científico y de la didáctica y la pedagogía.

EVALUACIÓN

El desarrollo profesional docente para la implementación del modelo pedagógico indagatorio confiere fuerte énfasis al tratamiento de una concepción de evaluación acorde con el estilo del trabajo indagatorio. La premisa esencial se expresa como *evaluación para el aprendizaje*, proceso que, además de detectar los logros y progresos de cada escolar y liceano y del grupo curso, busca identificar las causas que originan comprensiones erróneas o insuficientes. Para una consecución más precisa del principio *evaluación para el aprendizaje*, el modelo indagatorio introduce instrumentos que otorgan al docente una visión permanente, en tiempo real, de los progresos y dificultades de sus estudiantes. Esta diversidad de instrumentos entrega al docente información desde diversas variables de los progresos de sus estudiantes y, consecuentemente, introducir modificaciones en el diseño de sus clases. Adicionalmente, le permite traducir con mayor precisión la *evaluación para el aprendizaje* a la escala de calificaciones usuales en el sistema educativo. Los alumnos, por su parte, encuentran en la evaluación un apoyo para su propio progreso y participan junto al docente en la definición de los criterios con que se evaluará su desempeño.

CUADERNO DE CIENCIAS

Uno de los instrumentos para la evaluación mencionados es el Cuaderno de Ciencias (CC), bitácora en que los alumnos registran periódicamente sus aprendizajes y los procesos que los condujeron a sus conclusiones, incluyendo errores y tentativas. El cuaderno facilita que el docente aprecie la progresión de los aprendizajes y las fortalezas y debilidades de los alumnos, al mismo tiempo que le facilita diferenciar los ámbitos en que cada escolar se desenvuelve con mayor o menor consistencia y, por ende, identificar los diferentes ritmos y estilos de aprendizaje y la orientación del interés particular de cada escolar. Por su parte, los estudiantes al registrar en el CC sus observaciones, hipótesis, procedimientos emprendidos, sus cuestionamientos y conclusiones consolidan sus aprendizajes y disponen de un registro de los mecanismos que utilizaron en el proceso de éstos. Tal mayor consistencia de los aprendizajes surge de la necesidad que enfrenta cada escolar de trasladar a lenguaje escrito sus elaboraciones mentales y que estas sean comprensibles para todos los integrantes del grupo curso. En este ejercicio cognitivo los estudiantes perciben la relación entre el pensar y el expresar y, al registrarlo en el CC, obtienen un mapa de la progresión de qué aprendieron y de cómo lo aprendieron, mapa al que pueden recurrir en búsqueda de fórmulas para enfrentar nuevas tareas. El CC es también una herramienta útil para la autoevaluación de los estudiantes.

LA CLASE MAGISTRAL

Al aplicar en Chile el modelo pedagógico indagatorio se consideró adecuado introducir ciertas modificaciones, entre ellas se cuenta, además del Cuaderno de Ciencias, la Clase Magistral (CM), evento en que, al finalizar un ciclo de clases, los estudiantes comparten, argumentan y defienden sus aprendizajes y nuevos saberes ante sus pares y ante la comunidad escolar. La realización de este evento posibilita una participación protagónica de todos los estudiantes y promueve el aprendizaje cooperativo, fortalece el desarrollo del sentido de pertenencia, de identificación y de responsabilidad con la comunidad. La posibilidad de protagonismo de cada escolar promueve la autovaloración y la valoración de las capacidades de los demás integrantes del grupo curso, en un estilo de trabajo decididamente alejado de cualquier forma de competencia. Por su parte, los invitados, integrantes de la comunidad escolar y del entorno de la escuela, “descubren” facetas y rasgos de personalidad hasta entonces desconocidos de sus familiares y compañeros de escuela. La CM es un instrumento de evaluación socializada.

UN EJEMPLO DE FORMACIÓN DOCENTE PARA LA INDAGACIÓN EN LAS AULAS ESCOLARES

El Ministerio de Educación de Chile propuso a 13 universidades del país el diseño y ejecución del Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencias (ICEC). La universidad Alberto Hurtado (UAH) acogió el desafío y en el diseño del curso concedió especial importancia a dos aspectos: Primero, la superación de la tradicional noción de una secuencia lineal de tratamiento de los contenidos, introduciendo el concepto de un plan estudios integrado e interconectado, que busca relacionar y enriquecer los contenidos de las distintas unidades o módulos. En segundo lugar, el diseño del programa descansó en la idea de una progresión conjetural de los aprendizajes docentes, mediante una definición *a priori* de cuáles podrían ser los niveles deseables de comprensión por parte de los docentes–alumnos que se pondrían de manifiesto cuando expongan sus ideas.

Si se acepta que el aprendizaje conceptual se genera en momentos sucesivos, cada nivel de formulación para un determinado contenido presentará estados graduales de construcción o “construcciones intermedias”. El denominado “error” se considerará, en esta visión, como parte del proceso cada vez más creciente y complejo, pero a la vez recursivo de construcción de nuevos conocimientos. Las actividades que se propongan en las distintas sesiones estarán diseñadas para

orientar este proceso gradual, a partir de las ideas, nociones y creencias de los docentes. Las propuestas de actividades no tendrán el carácter de itinerario inamovible, sino, por el contrario, de un marco orientador flexible. Este marco orientador dado por la “hipótesis de progresión de aprendizajes”, asegurará, además, las vinculaciones e interrelaciones entre las distintas sesiones consecutivas y entre las sesiones que pertenecen a otras unidades.

Para determinar la secuencia de clases de cada unidad, se define previamente la “hipótesis de progresión”. Estos niveles progresivos de comprensión para los conceptos clave de la unidad, se pondrían de manifiesto cuando los docentes participantes, a medida que avanzan en la unidad, formulen sus ideas respecto de los contenidos aprendidos. La progresión de aprendizajes orientará a quienes diseñan e implementan las distintas sesiones, así como también a los docentes participantes del curso para un aprendizaje en cierta medida personalizado. Dicha progresión no representa, en modo alguno, “lo que hay que saber”, sino que se trata de una guía que orienta la enseñanza y el aprendizaje.

Para garantizar la aplicación de estas premisas, se determinó una secuencia de procedimientos para el diseño y la realización del curso:

1. Definición de los propósitos específicos de las sesiones presenciales, considerando el tratamiento adecuado de los contenidos, promoviendo el máximo aprovechamiento para lograr los objetivos propuestos para cada unidad y el curso en su globalidad.
2. Elaboración de una progresión conjetural de los aprendizajes docentes.
3. Definición de los objetivos de cada una de las sesiones, a partir de la hipótesis de progresión de aprendizajes.
4. Especificación de las vinculaciones y articulaciones entre sesiones de la unidad respectiva y sesiones de otras unidades.
5. Elaboración de las planificaciones de cada una de las sesiones, incluyendo el *guion conjetural*.
6. Diseño de guías/actividades de taller para el desarrollo de cada una de las sesiones planificadas.
7. Inclusión explícita de instancias de interacción social entre los participantes que permita la reflexión sobre la práctica y proyectar la aplicación al aula de lo aprendido, fomentando la creación de comunidades de aprendizaje en la escuela a fin de que puedan continuar con diálogos y reflexiones sobre su práctica pedagógica, compartir experiencias y recursos pedagógicos, entre otros.
8. Retroalimentación, por parte del equipo responsable del diseño del

curso, de las propuestas de diseño de taller elaboradas, para asegurar el logro de los objetivos propuestos.

9. Implementación de las actividades de aprendizaje en las sesiones de taller respectivas.

10. Reporte de la implementación por parte de docentes a cargo de los talleres, indicando logros, eventuales dificultades y propuestas de mejora.

11. Socialización de los reportes con los docentes a cargo de las sesiones posteriores, para su consideración, previo a la implementación.

OBJETIVOS Y CONTENIDOS DEL CURSO ICEC-UAH

Los objetivos y contenidos del curso guardan coherencia con el propósito global planteado como la apropiación, por parte de los docentes participantes, de la indagación científica como enfoque pedagógico y didáctico; del tratamiento de una concepción actualizada de la ciencia y sus diversas formas de trabajo; del desarrollo de la reflexión y el análisis del saber acumulado en torno a la didáctica, la pedagogía, el quehacer y la práctica docente; de la introducción de sistemas de evaluación coherentes con la propuesta didáctica; y del ejercicio de formas de trabajo colaborativo en pos de la construcción de comunidades de aprendizaje. El curso se diseñó en ocho unidades en modalidad presencial y virtual que, en total, suman 400 horas pedagógicas (240 horas presenciales y 160 virtuales).

Los objetivos generales de cada unidad son los siguientes:

1	Visión de las ciencias	Entender las Ciencias Naturales como un conjunto dinámico de conocimientos que: evoluciona a la luz de nuevas evidencias; en su construcción participan hombres y mujeres; con ellos se pueden conocer y explicar fenómenos que ocurren en el Universo.
2	Visión de la educación en ciencias	Comprender que quienes enseñan Ciencias Naturales tienen la responsabilidad de contribuir a la alfabetización científica de sus estudiantes, para que participen activa y responsablemente en la sociedad.
3	Investigación en el aula	Reflexionar sobre su práctica docente con el propósito de enriquecerla desde la didáctica y las disciplinas científicas, proponiendo estrategias y recursos pedagógicos adecuados al contexto donde se desempeñan.

4	Currículo en Ciencias Naturales	Utilizar el currículo nacional vigente, su propósito, sus objetivos y la progresión curricular, con el fin de organizar, planificar y desarrollar sus clases.
5	Indagación científica	Diseñar actividades de aprendizaje con la estrategia pedagógica de Indagación Científica, considerando contenidos, habilidades y actitudes del currículum nacional vigente según y recursos educativos apropiados a su contexto escolar.
6	Evaluación para el aprendizaje	Reflexionar sobre las prácticas evaluativas que utiliza con sus estudiantes, proponiendo nuevas opciones de evaluación alineadas con la indagación científica.
7	Diseño de material didáctico	Evaluar, diseñar, construir y adaptar recursos educativos apropiados a la Indagación Científica para utilizarlos en sus clases, considerando el contexto donde se desempeñan.
8	Generación de comunidades de aprendizaje	Gestionar y participar en comunidades de aprendizaje, valorando y respetando los aportes de los demás integrantes y niveles escolares, reconociendo la importancia del trabajo colaborativo entre pares.

Las unidades Comunidades de Aprendizaje e Investigación en el Aula son de carácter transversal y se extienden más allá del curso en el acompañamiento en la escuela y en los congresos y jornadas de profundización e intercambio de las experiencias entre docentes y de docentes con científicos y expertos.

EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LOS DOCENTES Y EVALUACIÓN DEL CURSO

El centro de la evaluación del curso es de carácter formativo, basado en el modelo de evaluación para el aprendizaje y se concibe como parte integral y constante del curso y no como una etapa separada posterior. En ese sentido, tiene dos dimensiones: la primera está referida a la evaluación y calificación de los *logros de los docentes* de acuerdo con los objetivos de aprendizaje establecidos y a la progresión hipotética de aprendizaje propuesta. La segunda, en cambio, busca determinar el grado de avance del *diseño del curso*, tal como se manifiesta a través de las actividades concretas de los participantes.

EVALUACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LOS LOGROS DE LOS DOCENTES

Se utilizan distintos instrumentos como intervenciones en foros, trabajos grupales de integración de contenidos, elaboración de secuencias didácticas, entre otros. Todas las actividades evaluativas tienen carácter obligatorio.

La calificación final del Curso se obtiene a partir de la ponderación de cinco elaboraciones, construidas a partir de variados insumos generados tanto en actividades presenciales como virtuales.

Los propósitos de las elaboraciones calificadas son las siguientes:

Manual de indagación científica en el aula: Es un documento que recopila actividades, análisis y reflexiones que dan cuenta, principalmente, de la visión de ciencia y de la enseñanza de la ciencia que los docentes participantes han ido construyendo durante el curso. Es un trabajo que se realiza en equipos por escuela y solo en algunos casos particulares, es posible trabajarlo en grupos inter-escuela.

Secuencia de clases: Las educadoras y profesores elaboran una secuencia de 4 a 6 clases de ciencias con enfoque indagatorio, para un contenido específico, poniendo así en juego los aprendizajes logrados en las distintas unidades y respondiendo a un procedimiento de elaboración y retroalimentación continuo. Este trabajo se realiza en grupos por nivel educativo en el cual se desempeñan los docentes (Educación parvularia o preescolar, básica o media).

Proyecto anual de mejoramiento de los aprendizajes en ciencias en la escuela: Educadoras y profesores, en equipos por escuela o inter-escuela, elaboran una propuesta de mejoramiento de los aprendizajes en ciencias, posible de ser aplicado tanto a corto como a mediano plazo, a nivel de aula y de escuela.

Proyecto de investigación en el aula: En equipos por escuela (algunos casos inter-escuela), las educadoras y profesores realizan un trabajo de investigación-acción, en el cual, a partir de un problema detectado en sus aulas, intentan buscar soluciones a partir del análisis y reflexión de la propia práctica, proponiendo un plan de acción. Esta elaboración está íntimamente relacionada con el Plan de Mejoramiento.

EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DEL CURSO

Como ya se ha señalado, la evaluación del desarrollo del curso se enfoca en actividades individuales y grupales de los participantes para

determinar en qué medida los objetivos del curso, entendido como un proceso colectivo, se cumplen.

Para ello se emplearon dos instrumentos: una evaluación de aprendizaje pre-post y una evaluación de proceso. En este documento se expondrá solamente la evaluación de proceso.

EVALUACIÓN DE PROCESO

El propósito de la evaluación de proceso es conocer en qué medida los docentes desarrollan aquellas capacidades que responden a los objetivos centrales del curso, es decir:

- Establecer una práctica colaborativa reflexiva de desarrollo profesional;
- Comprender el proceso de aprendizaje de los estudiantes;
- Desarrollar acciones pedagógicas coherentes que lo promuevan.

El instrumento de evaluación se aplicó a grupos de un máximo de cinco docentes en tres momentos: al inicio, en una etapa intermedia y al final del curso.

Para la evaluación se presenta un desafío científico a resolver por los distintos grupos de docentes (por ejemplo, en la evaluación inicial, deben predecir qué pasaría si se dejan caer, simultáneamente y de la misma altura, dos papeles iguales, uno de ellos extendido y el otro, doblado por la mitad. Es decir, deben predecir cuál de ellos llegará primero al suelo; o si lo harán al mismo tiempo, explicando qué les hace pensar de ese modo). Los docentes participantes deben, en conjunto, resolver el desafío y registrar sus ideas. El propósito de este ejercicio inicial es simplemente que los docentes se compenetren con el problema que, posteriormente, deberán analizar con respecto a la interacción con los alumnos. Justamente, la siguiente etapa consiste en la observación de un video en que un adulto entrevista a un niño de 4° básico que debe resolver exactamente el mismo desafío. Los docentes sólo verán el video hasta un punto crítico, aquel en que el niño ya puede dar una explicación primaria sobre el fenómeno en cuestión, pero aún no resuelve el problema planteado.

A partir de lo observado, y adicionalmente de una transcripción del diálogo con el alumno, los docentes deben reflexionar, discutir y proponer hipótesis y acciones pedagógicas que favorezcan que el niño pueda dar el paso hacia una explicación científica, adecuada para un escolar de 4° básico. Esta discusión entre los docentes está mediada por una serie de preguntas. Por ejemplo: ¿Cómo entiende el estudiante las fuerzas que están actuando en la caída del papel? ¿Qué preguntas le haría al

alumno para promover la transformación de sus conceptos científicos?
¿Por qué esas preguntas fomentarían una mayor comprensión científico-conceptual?

Todas las interacciones de los docentes son grabadas; como registro base del análisis para la evaluación de proceso.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para el análisis, las interacciones de los docentes son descritas a nivel grupal y se organizan en cinco categorías:

1. Noción de los docentes sobre el aprendizaje en ciencias;
2. Descripción que realizan los docentes sobre el pensamiento del estudiante;
3. Formulación de preguntas de los docentes al estudiante;
4. Justificación que proponen los docentes acerca del potencial de las preguntas para el desarrollo de las explicaciones científicas del estudiante;
5. Tipo de interacción predominante en los grupos de docentes.

Como ya se ha indicado, este análisis se realiza para cada una de las aplicaciones del instrumento de evaluación (inicial, intermedio y final). El resultado de la evaluación de proceso surge, por ende, de la comparación de esos hallazgos.

EVALUACIÓN INICIAL¹⁰

Noción de los docentes sobre el aprendizaje en ciencias

Los grupos de docentes no discuten de manera explícita sobre cómo ellos comprenden el aprendizaje en ciencias. Sin embargo, al reiterar la importancia de que los estudiantes “se den cuenta de lo que piensan” y del rol del pensamiento en el aprendizaje en ciencias, demuestran de manera implícita que su noción de aprendizaje está ligado a un proceso de descubrimiento. Sin embargo, al mismo tiempo los docentes insisten en que los profesores deben explicar y entregar información, induciendo así la formulación de una respuesta correcta. Por otra parte, en la mayoría de los grupos, conocimiento y habilidades son considerados como elementos independientes y no como aspectos íntimamente relacionados de un proceso de aprendizaje.

¹⁰ Debido a razones organizativas, esta etapa de la evaluación se realizó cuando los docentes ya habían participado en varias sesiones, por lo tanto, no corresponde, de manera estricta a una evaluación inicial.

Descripción que realizan los docentes sobre el pensamiento del estudiante

La descripción del pensamiento del estudiante en la casi totalidad de los grupos de docentes intenta ir más allá de la mera literalidad de las respuestas del alumno. Los docentes sostienen que el problema del alumno, en el ejercicio ya mencionado, reside en la contradicción de la idea de un “peso concentrado” que causaría que la hoja doblada cayera más rápido, a pesar de aceptar que ambas hojas tienen el mismo peso, ya que percibe que el aire interviene en la caída. Para estos docentes, la dificultad consiste en que al alumno *le falta el concepto* que permitiría resolver la contradicción. En otras palabras, de acuerdo con los docentes, el estudiante tiene conocimientos previos, pero carece de conceptos, entendidos como los términos que los designan. En consecuencia, no valoran la comprensión adecuada de los fenómenos si no va unida a un término correcto. Los docentes no logran describir el pensamiento perceptual del alumno, en particular la dificultad de concebir la acción del aire, cuya importancia el estudiante sí reconoce, como fuerza de roce contraria a la gravedad.

Formulación de preguntas de los docentes al estudiante y la justificación de su potencial para el desarrollo de las explicaciones científicas del alumno

La mayoría de los grupos de docentes son capaces de formular preguntas específicas para promover la reflexión del estudiante, pero no justifican claramente por qué dichas preguntas promoverían la transformación del pensamiento del estudiante. Las preguntas buscan enfrentar al alumno con el “vacío” de su conocimiento, guiándole a nociones que le *faltan*, en vez de enfrentarlo a sus contradicciones. En la mayoría de las preguntas piden que el niño formule explicaciones, sin contemplar la utilidad de poner en evidencia tales contradicciones. Los grupos de docentes muestran grandes dificultades para anticipar posibles respuestas del estudiante y diseñar preguntas consecutivas que podrían llevar a la transformación del pensamiento del niño. No se tematiza en ningún caso por qué las preguntas ayudarían a transformar el pensamiento del estudiante. Al ser interpelados al respecto, los grupos indicaron que la función de las preguntas sería apoyar al niño a llegar al conocimiento, mostrándole aquello que no sabe y que no está considerando.

Tipo de interacción predominante en los grupos de docentes

Prácticamente todos los grupos de docentes se involucran de manera sostenida y sustantiva en la tarea. La mayoría colabora en la formulación

de las respuestas, aporta y hace preguntas. En ocasiones aisladas se contraponen ideas. Los grupos, en su mayoría, hablan de manera relevante acerca de la tarea durante toda la evaluación.

En las interacciones grupales de la evaluación inicial se aprecia el predominio de *una noción de aprendizaje en ciencia* en parte empiricista, esto es, centrada en la experimentación como principal fuente de aprendizaje, una concepción que ha sido documentada como predominante en la enseñanza en ciencias a nivel mundial¹¹. Pero también se aprecian ciertas nociones constructivistas intuitivas o no formuladas de manera clara y consistente. Se presume que el estudiante tiene preconcepciones y saberes que le ayudan a entender el problema, y que necesita pensar para aprender, pero se plantea que le falta conocimiento, información y explicaciones. Si bien aparecen rasgos del rol del pensamiento científico, no hay un vocabulario específico que aluda al aprendizaje ligado a un proceso de quehacer científico (problema, pregunta, hipótesis, descubrimiento, explicación). Subsisten, entonces, dos nociones: una vinculada al desarrollo de procesos activos de pensamiento, y otra, relacionada con la transmisión-asimilación de información. No aparecen menciones al rol del lenguaje en el aprendizaje.

En cuanto a la capacidad de describir el *pensamiento del estudiante*, los docentes reconocen que éste posee ciertas nociones basadas en experiencias y conocimientos previos, aunque le “falten las palabras” para conceptualizarlas correctamente. Se insiste, no obstante, en centrar el problema en el “déficit de conocimiento”. Solo en algunos casos, se reconoce la contradicción que expresa el estudiante.

Con respecto a la *formulación de preguntas de los docentes al estudiante y la justificación de su potencial para el desarrollo de las explicaciones científicas del alumno*, se hace preguntas específicas que demandan explicaciones que apuntan a aquellas nociones que el estudiante muestra no conocer. No hay un fundamento claro sobre el potencial transformador de las preguntas. Tampoco aparece la anticipación de posibles respuestas del niño, ni la elaboración de una secuencia de preguntas.

¹¹ Rosalind Driver; Paul Newton; Jonathan Osborne, “Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms”, *Science Education*, vol.84, 3, 2000.

En lo referente al *tipo de interacción predominante en los grupos de docentes*, en general, las interacciones son sostenidas, sustantivas y de carácter colaborativo. Aun teniendo ideas diferentes, más que explorarlas (lo que ocurre puntualmente), se tiende a acordar y sumar contribuciones. Esto en sí mismo aparece como una potencialidad importante para el proceso de aprendizaje del grupo durante el curso.

EVALUACIÓN INTERMEDIA

Noción de los docentes sobre el aprendizaje en ciencias

La noción implícita, en la mayoría de los grupos de docentes, es que los estudiantes necesitan plantearse preguntas y problemas para avanzar en la comprensión y llevar a cabo un proceso activo de indagación. La necesidad de que los alumnos reciban información aparece ahora menos marcada que en la evaluación inicial; y cuando se menciona, está supeditada a contribuir a un proceso activo de construcción de conocimiento. En contraste con la evaluación inicial, en que se insistía en la necesidad de que el profesor entregue conocimientos correctos, ahora se percibe una apropiación de la noción de aprendizaje como un proceso activo de construcción en que la figura del docente es clave, pero no como transmisor, sino como quien diseña y propone a los estudiantes la experiencia indagatoria.

Descripción que realizan los docentes sobre el pensamiento del estudiante

En este eje no se observan avances consistentes. Los grupos tienen dificultad para ponerse en el lugar del niño y describir concretamente cómo piensa, cuáles preconcepciones le impedirían avanzar. La mayoría de los docentes afirma que el estudiante tiene preconcepciones. Algunos grupos de docentes sostienen que esas nociones le impedirían comprender el problema (como la noción de "peso"). En el diálogo, se refieren a lo arraigado de las preconcepciones de los estudiantes, cuestión que no se había mencionado en la evaluación anterior.

Formulación de preguntas de los docentes al estudiante y la justificación de su potencial para el desarrollo de las explicaciones científicas del alumno

Se observa consistentemente que las preguntas que exigen *nuevas explicaciones* son reemplazadas por el planteamiento de *nuevas experiencias* que interpelen al estudiante a pensar por sí mismo acerca de la situación y abandonar sus preconcepciones. Los docentes demuestran que comprenden que las situaciones de experimentación

tienen un potencial para transformar preconcepciones. Sin embargo, tienen dificultades para elaborar preguntas específicas en el contexto de estas experiencias. En el grupo en el que sí se formulan, no se define con claridad para qué y en qué sentido las preguntas serían efectivas para promover la transformación del pensamiento del estudiante.

Tipo de interacción predominante

A diferencia de la evaluación inicial, si bien todos los grupos se involucran sustantivamente, algunos lo hacen de manera más sostenida que otros. Se observan interacciones más co-constructivas que intentan contribuir a la construcción de explicaciones. En los grupos no se registran discusiones en que se defiendan puntos de vista distintos.

En las interacciones grupales de la evaluación intermedia se aprecia el predominio de una *noción de los docentes sobre el aprendizaje en ciencias* que ha avanzado desde la evaluación inicial. Los grupos dan cuenta de una noción de aprendizaje activo y constructivo que no se confunde con una noción receptiva de aprendizaje. Prácticamente no se plantea la idea de que al estudiante le "falte conocimiento", sino que, al contrario, tiene preconcepciones muy enraizadas que se deben transformar con experiencias concretas indagatorias. Se ha abandonado, entonces, la noción de aprendizaje como la transmisión-asimilación de información y se manifiesta una noción de aprendizaje íntimamente ligada al desarrollo de procesos activos de pensamiento.

No se observan avances claros en la capacidad de *describir el pensamiento del niño*, con excepción del reconocimiento y la valoración del rol de las preconcepciones de los estudiantes. Se observa una toma de conciencia y un asombro sobre lo arraigadas de las preconcepciones y cómo éstas pueden impedir la transformación del pensamiento del estudiante si no son identificadas y se trabaja sobre ellas.

Se detecta un cierto avance en la *formulación de preguntas* de los docentes al estudiante y la *justificación de su potencial para el desarrollo de las explicaciones científicas del alumno*, en el sentido de que se abandonan las preguntas que exigen más explicaciones y que se plantea la necesidad de presentar nuevas o distintas experiencias de indagación. No aparecen formulaciones específicas de preguntas clave.

Con respecto al *tipo de interacciones predominantes*, en general, se trata de interacciones sostenidas y sustantivas, de carácter colaborativo. Hay

grupos que se distraen por períodos prolongados. Aun teniendo ideas diferentes, más que profundizarlas, se tiende a buscar consensos y sumar contribuciones, en vez de discutir las. No se observan avances claros.

EVALUACIÓN FINAL

Noción de los docentes sobre el aprendizaje en ciencias

Los grupos se refieren al aprendizaje como un proceso de construcción (en un grupo le llaman *descubrimiento*) de significados, guiada y colaborativa. Prácticamente todos los grupos asignan un rol central a las preguntas, considerándolas como vehículos clave de aprendizaje. Aunque en las evaluaciones previas se había mencionado el término "construcción", ahora se define este proceso claramente como *construcción de significados, realizado, a la vez, de manera colectiva y guiada*. Ya no aparece la noción de transmisión de conocimiento, como ocurría en la evaluación inicial. Así, se confirma una apropiación de la noción de aprendizaje como un proceso activo de construcción en que la figura del docente es quien propone el diseño de la experiencia indagatoria y en la que el colectivo juega un papel fundamental.

Se observa, entonces, cierto grado de profundización de la noción de aprendizaje como proceso activo en comparación con la evaluación inicial, y colectivo, en comparación con la evaluación intermedia.

Descripción que realizan los docentes sobre el pensamiento del estudiante

Se observan claros avances. En esta oportunidad, todos los grupos son capaces de describir con detalle el pensamiento del estudiante y sus contradicciones. En la evaluación intermedia se reconocía la existencia de preconcepciones firmes, pero sin describirlas. Ahora, los docentes muestran capacidad para ponerse en el lugar del estudiante. Todos los grupos transitan del foco del déficit de conocimiento a la concepción de que el estudiante comprende, tiene nociones clave y realiza un proceso bien encaminado, aunque con ciertas dificultades.

Formulación de preguntas de los docentes al estudiante y la justificación de su potencial para el desarrollo de las explicaciones científicas del alumno

Consistente con la evaluación intermedia, más que preguntas, los docentes proponen experiencias de indagación nuevas que enfrenten al estudiante con sus contradicciones. Ahora, sin embargo, la mayoría de los grupos formula experiencias concretas y pertinentes, que realmente

tienen potencial de transformar conceptos. Además, las preguntas en el contexto de actividades de indagación en la mayoría de los grupos no sólo son pertinentes, sino que tienen un potencial de transformación.

Tipo de interacción predominante

De manera similar a la evaluación intermedia, los grupos se involucran sustantivamente, pero algunos lo hacen de manera más sostenida que otros. Es común, en todo caso, observar interacciones más co-constructivas que intentan contribuir a la construcción de explicaciones. No se observan discusiones ni defensas de distintos puntos de vista.

En síntesis, en las interacciones grupales de la evaluación final se aprecia un avance claro en aspectos muy relevantes, lo que indica que, como grupo, se involucraron en un proceso consistente de transformación. Con respecto a la *noción de los docentes sobre el aprendizaje en ciencia*, se evidencia un cambio desde una visión que combinaba una noción de aprendizaje como transmisión-incorporación de conocimiento y de un proceso de transformación y pensamiento, a una noción de aprendizaje como construcción de significados, colectiva y guiada. Esta se realiza mediante la participación en experiencias de indagación, en las cuales las preguntas juegan un papel central. Si bien en la evaluación inicial los profesores ya podían dar cuenta de ciertas nociones generales de aprendizaje como descubrimiento y proceso de pensamiento, no podían formular ideas más específicas al respecto. A diferencia de la evaluación intermedia, ahora el proceso de construcción ya no es presentado de manera genérica. Se tiene una noción clara de que este proceso dependerá del tipo de intervenciones del adulto: colaboración, co-construcción, preguntas. Las referencias a la *falta de concepto* han dado paso a referencias a la *presencia* de un proceso descrito de manera específica. El proceso se ilustra en el siguiente cuadro:

Aprendizaje en Ciencias



Con respecto al *pensamiento del estudiante*, recién en la evaluación final se logra una descripción precisa y de suficiente riqueza, centrada ya no en el déficit de conocimiento, sino en el proceso de construcción. Es interesante constatar cómo los docentes progresaron de una visión centrada en las carencias de conocimiento y la relevancia de los términos, a una valoración de la comprensión que muestran los niños en el proceso de aprendizaje, más allá del uso correcto de los términos.

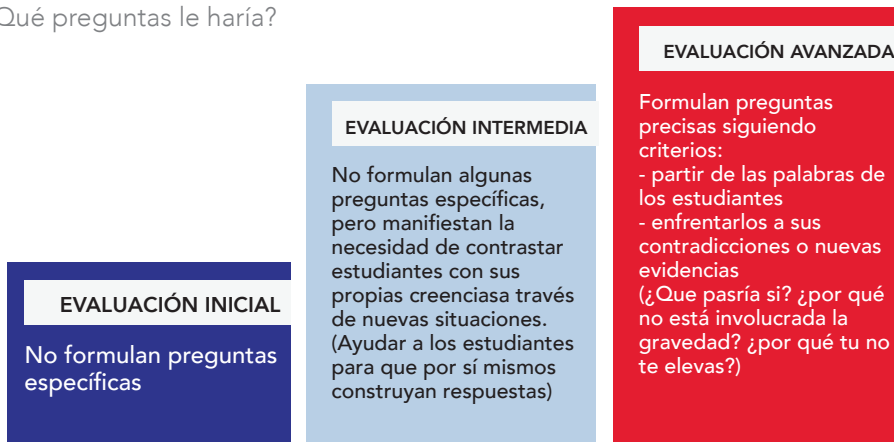
Descripción del pensamiento del estudiante



Se muestran claros avances en la *formulación de preguntas de los docentes al estudiante y la justificación de su potencial para el desarrollo de las explicaciones científicas del alumno*. Mientras en la evaluación intermedia los grupos de docentes ya eran capaces de plantear la necesidad de proponer nuevas experiencias a los estudiantes, en la evaluación final van más allá, diseñando experiencias concretas, pertinentes y relevantes. Además, la mayoría de los grupos formula preguntas coherentes con esas experiencias y con alto potencial para promover la transformación de conceptos. Estas preguntas se diferencian radicalmente de aquellas de la evaluación inicial, centradas en la formulación de explicaciones y clarificaciones.

En cuanto a *por qué estas preguntas promueven el aprendizaje*, los grupos son capaces de atribuir el potencial de aprendizaje de las preguntas al hecho de que éstas enfrentarían a los estudiantes con sus propias contradicciones y preconcepciones, impulsando un proceso de transformación. Además, se plantea que las preguntas orientan esta transformación en una senda de descubrimiento.

¿Qué preguntas le haría?



Palabras finales

Con la presentación de este ejemplo de aplicación de los principios del modelo indagatorio para la formación docente continua se busca ilustrar la factibilidad de introducir cambios en las concepciones docentes acerca de la enseñanza y el aprendizaje, coherentes con el estado más avanzado en la investigación de la pedagogía y la didáctica. Durante la realización del curso fue posible detectar evidencias de que los docentes participantes internalizaron, primero, las ventajas de estas innovaciones en la práctica docente y, segundo, se mostraron decididamente dispuestos a introducir esta nueva visión en su trabajo de aula y en su comunidad escolar. Observaciones puntuales posteriores al curso (Muestras Comunales de Aprendizajes, por ejemplo) ratifican que dicha disposición se transformó realmente en práctica.

Aunque la participación, en esta primera etapa, de 60 docentes de cuatro comunas de la Región Metropolitana de Chile puede parecer poco significativa, resulta más correcto proyectar el impacto con que los aprendizajes logrados por los docentes se incrementarán en los establecimientos en que ellos se desempeñan, preponderantemente al incentivar el funcionamiento de Comunidades de Aprendizaje e introducir en sus aulas y en la interacción con sus pares otros fundamentos del modelo pedagógico de la indagación.

Al evaluar los resultados de estas primeras dos cohortes de participantes en esta modalidad docente continua (Programa ICEC), es posible percibir que los planteamientos del modelo son suficientes para superar las conocidas aprensiones ante la introducción de innovaciones en el uso

y tradición del desempeño docente y en la necesaria modificación de la organización en la escuela.

Adicionalmente, la percibida aceptación de las innovaciones por parte de los alumnos de los docentes participantes, permiten proyectar que difícilmente las clases de ciencias sufran una regresión hacia las formas tradicionales de relato y memorización de datos y procesos.

En el mismo sentido, en el transcurso de las sesiones con los docentes, el equipo UAH reiteró, practicando en cada sesión en forma efectiva, el fundamento teórico de las comunidades de aprendizaje, destacando que, mediante éstas, se rompe el aislamiento en el desempeño docente, se prolongan y se profundizan los aprendizajes alcanzados en el transcurso de las sesiones presenciales y virtuales. Desde esta dimensión se busca superar la frecuente crítica a los programas de perfeccionamiento docente en las que se formula que, terminado el evento, se vuelve a la práctica habitual.

“Destacamos el significado que tiene el trabajo en equipo, la importancia de comunicar las debilidades y fortalezas de las prácticas, la reflexión del cómo estamos avanzando en la construcción de mejores aprendizajes, y los beneficios para la comunidad educativa: inversión en la persona, ambiente enriquecedor, construcción social del conocimiento, aprendizajes compartidos, perspectivas múltiples, centradas en mejorar el aprendizaje de todos y cada uno de los niños, niñas y jóvenes. Para cada uno de nosotros existe el compromiso como educadores de enseñar ciencias para que todos los estudiantes se conviertan en ciudadanos informados en términos científicos, que puedan tener opinión y participar en la toma de decisiones con base científica. Este trabajo es el inicio de un grupo de educadores de diferentes colegios (comunidades educativas), quienes seguiremos elaborando en conjunto clases secuenciadas, que les permitan a otros enseñar ciencias e introducir cambios de acuerdo con sus propias necesidades e intereses, contribuyendo a mejorar nuestras propias prácticas”.

Reflexión en Manual de Indagación científica en el aula.

Equipo de Educadoras (profesoras de pre escolar)

Curso ICEC-UAH, 2015-2016

BIBLIOGRAFÍA

- *Barnes, Barry; Bloor, David; y otros*, *Scientific knowledge: a sociological analysis*, University of Chicago Press, Chicago, 1996.
- *Bell, Daniel*, *The Coming of Post-industrial Society*, Basic Books, Nueva York, 2008
- *Bhaskar, Roy*, *A realist theory of science*, Routledge, Londres, 2008.
- *Castells, Manuel*, *The rise of the network society*, 2, Wiley-Blackwell, Chichester, 2010.
- *Driver, Rosalind; Newton, Paul; y otros*, "Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms", *Science Education*, vol. 84, n.o 3, 2000, pp. 287-312.
- *Feyerabend, Paul*, *Against method*, Verso, Londres, 2010
- *Kuhn, Thomas S*, *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México, 1989.
- *Lakatos, Imre*, *La metodología de los programas de investigación científica*, Alianza, Madrid, 1998.
- *López, P. y cols.* *Indagación científica para la educación en ciencias: Un modelo de desarrollo profesional docente*, Programa ICEC Universidad Alberto Hurtado, Santiago, 2017.
- *Schizas, Dimitrios; Psillos, Dimitris; y otros*, "Nature of Science or Nature of the Sciences?", *Science Education*, vol. 100, n.o 4, 2016, pp. 706-733.

NORMAN LEDERMAN

Profesor distinguido de Matemáticas y Educación Científica en el Instituto de Tecnología de Illinois. Ha impartido una amplia gama de cursos de postgrado (maestría y doctorado) en educación secundaria en ciencias y en prácticas de enseñanza supervisadas. Ha sido autor o editor de 10 libros, incluyendo un libro de texto de métodos elementales de enseñanza de ciencias. Ha escrito 15 capítulos de libros y ha publicado más de 200 artículos en revistas profesionales. Además, el Dr. Lederman ha realizado más de 500 presentaciones en conferencias y reuniones profesionales en todo el mundo.



ENSEÑAR Y APRENDER SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y SOBRE LA INDAGACIÓN CIENTÍFICA: CREANDO CAPACIDADES A TRAVÉS DEL DESARROLLO PROFESIONAL SISTEMÁTICO BASADO EN LA INVESTIGACIÓN

Norman G. Lederman
Judith S. Lederman
Instituto de Tecnología de Illinois
Chicago, Illinois, Estados Unidos

Resumen: Este estudio proporciona un ejemplo del proyecto de desarrollo profesional sistemático diseñado para crear capacidad para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia e indagación científica, sin sacrificar la enseñanza de contenidos científicos más tradicionales. Específicamente, este estudio examinó el impacto de un proyecto de 5 años de desarrollo profesional llamado Indagación, Contexto y Naturaleza de la Ciencia (*ICAN* por sus siglas en inglés) sobre el conocimiento, tanto en términos de contenido como en términos pedagógicos, de los docentes de educación básica y media superior (preescolar a bachillerato) respecto a la naturaleza de la ciencia (*NOS*, por sus siglas en inglés) así como de la indagación científica (*SI* por sus siglas en inglés). A su vez se evaluó el impacto en el conocimiento de los estudiantes relacionado a estos dos temas (*NOS* y *SI*). Durante cinco años, un total de 236 docentes de ciencia de educación básica y media superior, y más de 23,000 estudiantes participaron en el proyecto. En cada año del Proyecto *ICAN*, los docentes participaron en pasantías, actividades de *NOS* y *SI*, lecciones modelo, desarrollo curricular, retroalimentación entre pares de prácticas de enseñanza en el salón de clase, y prácticas de evaluación

relativas a *NOS* y *SI*. Los resultados de las aplicaciones pre- y post- de los instrumentos *Puntos de vista sobre la Naturaleza de la Ciencia, Formato D (VNOS-D* por sus siglas en inglés) y *Puntos de vista sobre la Indagación Científica (VOSI* por sus siglas en inglés), indicaron que los docentes y sus estudiantes mejoraron significativamente su comprensión sobre *NOS/SI*. Además, los análisis de la retroalimentación entre pares de prácticas de enseñanza de los docentes, mostraron que hubo una progresión en su didáctica a medida que avanzaron a través del programa, partiendo de una enseñanza implícita a una explícita de *NOS/SI*.

ANTECEDENTES

El Proyecto *ICAN* proporcionó apoyo didáctico para los docentes en varias áreas críticas. Primero, la investigación ha demostrado consistentemente que, durante los procesos de formación, tanto inicial como continua (Gallagher, 1989; Marx et al., 1994), los docentes no realizan investigaciones científicas en sus cursos de ciencia o de enseñanza de la ciencia. Por consecuencia, los docentes de ciencia no poseen conocimientos sobre *SI* ni la habilidad para desarrollarla. Los docentes en este proyecto participaron en investigaciones científicas reales en colaboración con científicos, y llevaron a cabo reflexiones profundas sobre la naturaleza del proceso. Este enfoque proporcionó a los docentes los conocimientos y habilidades relativas a *SI*, a su vez reforzó su comprensión sobre conceptos, teorías y leyes de la ciencia básica. Segundo, la investigación ha demostrado consistentemente que los docentes no cuentan con conocimientos de *NOS* consistentes con los propuestos en las reformas nacionales y estatales (Lederman, 1992, 2007; Ryan & Aikenhead, 1992). Los esfuerzos colaborativos de los educadores de ciencia, de científicos y docentes mentores en este proyecto, involucraron a los docentes en actividades de reflexión diseñadas para facilitar una comprensión profunda de *NOS* y *SI*. Tercero, está claro que el conocimiento de los docentes sobre *SI* y *NOS* no se traduce de manera automática en prácticas en el aula y estrategias didácticas que promuevan el aprendizaje de los estudiantes. Los docentes normalmente no cuentan con los conocimientos pedagógicos para transformar sus conocimientos de *SI* y *NOS* en una enseñanza eficaz, tanto en contextos formales como informales. El proyecto *ICAN* involucró a los docentes en actividades enfocadas a mejorar la enseñanza de *NOS/SI* de manera explícita y reflexiva.

Las preguntas de la investigación que guiaron el proyecto fueron:

1. ¿Cuál es el impacto del Proyecto *ICAN* en la comprensión de los docentes del *NOS/SI*?

2. ¿Cuál es el impacto del Proyecto *ICAN* en los conocimientos pedagógicos de los docentes para la enseñanza de *NOS/SI*?
3. ¿Cuál es el impacto del Proyecto *ICAN* en la comprensión de los estudiantes del *NOS/SI*?

MEJORANDO LA COMPRESIÓN DE LOS DOCENTES DE *NOS*

La naturaleza de la ciencia (*NOS*) ha sido un tema común en los esfuerzos de reforma de la educación científica como un aspecto indispensable de la alfabetización científica (ej., AAAS, 1993; NRC, 1996). Sin embargo, los estudiantes y docentes de ciencia no tienen una adecuada comprensión de *NOS*, independientemente del instrumento utilizado para evaluar dicho entendimiento (Lederman, 2007). A la luz de los esfuerzos para mejorar el entendimiento de los estudiantes respecto a *NOS*, la investigación reciente se ha enfocado en equipar a los docentes, tanto en formación como en servicio, con un entendimiento adecuado de *NOS* (ej., Akerson, Abd-El-Khalick, & Lederman, 2000; Shapiro, 1996).

Desde el enfoque del aprendizaje situado, el aprendizaje está ligado al contexto real (Brown, Collins, & Duguid, 1989; Lave & Wenger, 1991). Por lo tanto, involucrar a los estudiantes a hacer ciencia y en episodios históricos de desarrollo de conocimientos científicos puede generar un contexto significativo para el aprendizaje de *NOS*. Sin embargo, los resultados de la investigación enfocada en la mejora del entendimiento de *NOS* de docentes y estudiantes, ha mostrado consistentemente que para que esto se logre, se requiere atender de manera explícita a la enseñanza de *NOS* (Akerson, Abd-El-Khalick, & Lederman, 2000). La simple participación en la indagación científica no implica que docentes ni estudiantes aprendan sobre *NOS*. Como ocurre con cualquier otro resultado de aprendizaje cognitivo, *NOS* debe ser un contenido específico y tangible, que los docentes enseñen y evalúen intencionalmente dentro del aula, en lugar de esperar que los estudiantes aprendan *NOS* tan sólo con hacer ciencia o involucrarse en episodios de historia de la ciencia (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000b). Es indispensable proporcionar a los estudiantes cuestionamientos, discusiones, y guías de reflexión relevantes para una comprensión profunda de distintos aspectos del *NOS*. Se cuenta con evidencia empírica sobre la efectividad de un enfoque explícito y reflexivo en la mejora del entendimiento de *NOS* de los estudiantes (ej., Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Akerson, Abd-El-Khalick, & Lederman, 2000; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Moss, Abrams, & Robb, 2001; Ryder, Leach, & Driver, 1999).

MEJORANDO LA PRÁCTICA DE ENSEÑANZA DE LOS DOCENTES

Un supuesto de la investigación sobre NOS es que la comprensión de NOS de los docentes impacta directa y necesariamente su desempeño en el salón de clases. Sin embargo, los resultados de una serie de investigaciones que pusieron a prueba este supuesto de manera directa, revelaron que esta visión es demasiado simplista, en relación a las realidades del salón de clases (Brickhouse, 1989, 1990; Duschl & Wright, 1989; Lederman, 1986; Lederman & Druger, 1985; Lederman & Zeidler, 1987; Zeidler & Lederman, 1989). El entendimiento de NOS de los docentes parece ser indispensable, pero no suficiente, para traducir de forma efectiva su comprensión en enseñanza de la ciencia.

Actualmente, se ha mostrado que diversas variables median y restringen la traducción del entendimiento de NOS de los docentes a la práctica. Estas variables incluyen la presión de cubrir el contenido (Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998; Duschl & Wright, 1989; Hodson, 1993), principios de manejo y organización del salón de clases (Hodson, 1993; Lantz & Kass, 1987; Lederman, 1995), inquietudes sobre las habilidades y la motivación de los estudiantes (Abd-El-Khalick et al., 1998; Brickhouse & Bodner, 1992; Duschl & Wright, 1989; Lederman, 1995), la carencia de una intención didáctica para enseñar NOS (Lederman, 1999), restricciones institucionales (Brickhouse & Bodner, 1992), experiencia docente (Brickhouse & Bodner, 1992; Lederman, 1995), y falta de conocimiento de contenido (Schwartz & Lederman, 2002).

Además, la investigación revela que exponer a los docentes a lecciones explícitas de NOS no necesariamente garantiza su enseñanza explícita de NOS, a pesar de que les ayuda a mejorar el entendimiento de NOS. Para mejorar la enseñanza de NOS de los docentes se les debe proporcionar conocimiento pedagógico específico sobre la enseñanza de NOS. En resumen, al igual que con cualquier otro contenido, los docentes deben desarrollar conocimiento de la pedagogía de NOS.

Tomando en cuenta los resultados actuales de la investigación, se diseñó un programa llamado Proyecto Indagación, Contexto y Naturaleza de la Ciencia (ICAN) para promover el entendimiento de los docentes de NOS/SI y su conocimiento pedagógico de cómo enseñar NOS/SI, que finalmente resultó en el mejoramiento del entendimiento de NOS/SI de sus estudiantes. Se diseñó el Proyecto ICAN como un programa de desarrollo profesional de cinco años, que en cada año al proyecto aumentó el número de docentes continuamente. Consistente con la resistencia de

los estudiantes a cambiar sus falsas ideas que ha sido bien documentada (Wandersee, Mintzes, & Novak, 1994), los estudios de investigación en el mejoramiento del entendimiento de NOS de los docentes indican que no se debe esperar que los estudiantes sustancialmente cambien sus conceptos de NOS/SI con sólo una enseñanza de corta duración sobre NOS/SI (Driver et al., 1996; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Por tanto, es más improbable que los docentes puedan aprender cómo enseñar de manera efectiva aspectos de NOS/SI durante un programa de desarrollo profesional de tan sólo un par de semanas.

ESTRUCTURA Y ACTIVIDADES DEL PROGRAMA

Participantes

Un total de 236 docentes de ciencia participaron en el Proyecto ICAN durante los cinco años del programa. Como cada docente dictó aproximadamente cuatro clases de más o menos 25 estudiantes, el Proyecto ICAN impactó a más de 23,000 estudiantes. El grupo de docentes representó seis áreas de ciencia, incluyendo ciencia en general, biología, física, química, ciencias de la tierra y ciencias ambientales. Casi la mitad de los docentes participantes fueron de escuelas de educación primaria, los demás de secundaria y media superior. Los docentes eran de diversas etnias y dieron clases a poblaciones de estudiantes también altamente diversas.

Etapas del Proyecto

Durante cada año académico, el Proyecto ICAN consistió de cuatro etapas: Orientación de Verano; Año Académico; Pasantía de Investigación; e Instituto de Verano (Figura 1). En el transcurso de cada año del proyecto, el Proyecto ICAN ayudó a los docentes a mejorar su entendimiento de NOS/SI. Además, el proyecto abordó el conocimiento pedagógico de enseñanza NOS/SI para que los docentes implantaran la enseñanza de NOS/SI de manera efectiva en sus salones de clase. Las siguientes secciones describen cada etapa del proyecto.

Orientación de Verano: el Proyecto ICAN inició con una orientación de verano de tres días en agosto. Durante la orientación, se presentaron a los docentes las metas y el programa general del proyecto. La orientación se enfocó principalmente en introducir aspectos de NOS/SI a los docentes mediante actividades relativas a NOS/SI. Los docentes participaron activamente en aproximadamente 10 tareas prácticas de NOS y/o SI (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998; National Academy of Science, 1998). Además de actividades NOS/SI, los docentes observaron videos que

destacaron varios aspectos de NOS/SI. Estos videos contienen ejemplos científicos detallados, así como conversaciones con Stephen Jay Gould y Richard Feynman. Los docentes también leyeron varios artículos NOS/SI específicos (ej., Feynman, 1969). Preguntas reflexivas y discusiones de repaso siguieron a estas diferentes actividades para ayudar a los docentes a desarrollar una comprensión a fondo de NOS/SI. La Figura 1 proporciona un resumen de las actividades del proyecto, así como un calendario de actividades para el año.

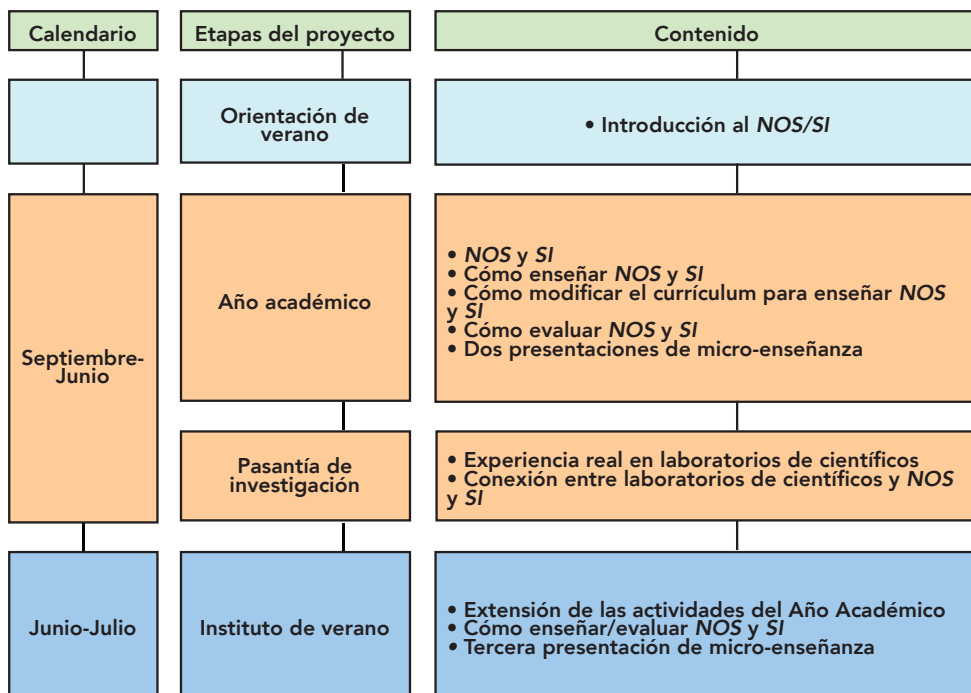


Figura 1. Diagrama esquemático del proyecto

Actividades del año académico: mensualmente se llevaron a cabo talleres de un día de duración, desde septiembre a julio del año siguiente. Los talleres fueron conducidos por los autores Lederman, por científicos, docentes del año anterior del subsidio, y otros ponentes invitados. Estos talleres enfocaron en la enseñanza adicional sobre NOS/SI dentro del contexto de la materia de ciencia, de revisión del curricular y de evaluación.

Desde septiembre hasta noviembre, los talleres proporcionaron a los docentes más actividades con contenido integrado de NOS/SI, en conjunto con un repaso y discusiones reflexivas sobre aspectos de NOS/SI.

SI y un enfoque explícito sobre la enseñanza de *NOS/SI*. Las actividades incluyeron los Huesos Misteriosos, el Perdigón de Búho, el Esqueleto Desarticulado, el Péndulo, el Gancho, la Huella Digital, la Tabla Periódica, y la Leche (ver la página Web del Proyecto *ICAN*, 2010; Lederman & Abd-El-Khalick, 1998). Se especificó la perspectiva de los Estándares Nacionales de Educación Científica sobre *NOS/SI* (ej., *NRC*, 2000) y se discutió la relación entre *NOS*, *SI* y constructivismo como una epistemología, para contextualizar *NOS/SI* dentro de lecciones basadas en estándares. Se motivó a los docentes a aplicar en sus salones de clase lo que aprendieron en los talleres *ICAN*, y a discutir en el siguiente taller *ICAN* las experiencias de sus salones de clase. Cuando fue posible, los docentes llevaron videos de sus prácticas de enseñanza en el salón de clase.

Durante los años académicos 4 y 5, se planearon dos presentaciones de retroalimentación entre pares de prácticas de enseñanza a las que referiremos como micro-enseñanza, (en enero y mayo), y una presentación más fue organizada para el instituto de verano (en julio). Una descripción adicional de las sesiones de micro-enseñanza se proporciona más adelante. En preparación para las presentaciones de micro-enseñanza, el taller mensual de diciembre proporcionó a los docentes lecciones modelo de los docentes anteriores de *ICAN*.

Después de las sesiones de micro-enseñanza en enero, los siguientes talleres se enfocaron en discutir las dificultades que los docentes enfrentaron al enseñar *NOS/SI* y en proporcionar lecciones modelo adicionales para subsanar las dificultades de los docentes. Dichas lecciones fueron seguidas por discusiones sobre los aspectos positivos y negativos de las lecciones.

Pasantía con científicos investigadores: La falta de conocimiento de y experiencia de los docentes con procesos auténticos de ciencia limita seriamente su habilidad para planear y establecer lecciones enfocadas a *NOS/SI* (Gallagher, 1991; Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004). Los resultados de investigaciones también respaldan la efectividad de utilizar un enfoque de enseñanza explícito, de base constructivista para abordar la naturaleza de la ciencia y la indagación (ej., Bianchini & Colburn, 2000; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Roth & Lucas, 1997; Ryder, Leach, & Driver, 1999; Smith et al., 2000).

Durante el año académico del Proyecto *ICAN*, los docentes participaron en una pasantía de investigación científica con científicos profesionales

en el campus del Instituto de Tecnología de Illinois (IIT) y en otras instalaciones de la comunidad (ej., zoológicos, museos). Los docentes trabajaron 10 horas a la semana con los científicos mentores. El papel principal de los docentes fue como observadores participantes. Se involucraron en varios aspectos de las investigaciones en curso, discutieron su contenido específico y las técnicas utilizadas, con los científicos y otros investigadores, y exploraron aspectos generales de NOS/SI. Es importante hacer notar que muchas pasantías cometen el error de suponer que los docentes pueden integrarse fácilmente a las actividades de un equipo de investigación. Se trató de evitar esta expectativa. Las áreas de investigación incluyeron cristalización, ingeniería de tejido vascular, procesamiento térmico de materiales, nutrición, bioquímica, biología molecular, microbiología, purificación de proteína y genética. Debido a que en el contexto de la indagación científica (SI) un factor clave es la atención explícita y guiada a NOS así como la reflexión al respecto, y tomando en cuenta que los científicos no suelen hacer explícito NOS/SI, los diarios con los registros por escrito elaborados por los docentes se utilizaron para realizar una reflexión activa. Se pidió a los docentes que documentaran su diario, guiándose por determinadas preguntas de enfoque para hacer conexiones entre sus experiencias en el ambiente de investigación con lo que estuvieron aprendiendo sobre NOS, SI, y sobre los conceptos científicos relacionados, durante el taller del instituto. Además, los docentes compartieron sus experiencias en los talleres mensuales.

Instituto de Verano (el segundo verano): Durante el instituto de verano de dos semanas, los docentes participaron en 10 talleres, cada uno de un día completo de duración, enfocados a NOS, SI y a los conceptos científicos relacionados, a través de actividades explícitas, lecturas, y discusiones. En las tareas de lectura, por ejemplo, los docentes leyeron capítulos del libro, $E=MC^2$ (Bodanis, 2000) y discutieron los aspectos de NOS y SI involucrados en los episodios históricos del libro. Se contextualizó NOS/SI dentro de la asignatura de ciencia basada en estándares. Estas sesiones estuvieron dirigidas a una variedad de áreas, incluyendo evolución, ciencias de la tierra, biología, física, química y ciencias ambientales. Se invitaron científicos investigadores para discutir cómo se desarrollaron las teorías científicas en las diferentes áreas de la ciencia.

Además de la continua revisión de los materiales del currículo, hubo un fuerte enfoque en el desarrollo de evaluaciones basadas en desempeño para NOS/SI. Con el paso de cada año del proyecto, se hizo evidente que

los participantes se beneficiaron del mayor tiempo posible con respecto a la evaluación. Los docentes simplemente no vieron *NOS/SI* como un contenido “tradicional”. En consecuencia, la infinidad de inquietudes sobre la evaluación que los docentes siempre tienen, se amplificaron.

Modelo de desarrollo de docentes

Uno de los resultados duraderos, derivado del Proyecto *ICAN*, ha sido establecer un modelo de desarrollo de docentes. Estudios de investigación para mejorar el conocimiento de los docentes respecto a *NOS/SI*, tanto en términos de contenido como en términos pedagógicos, indican que los docentes deben recibir oportunidades para discutir y reflexionar en diferentes experiencias en relación a los aspectos de *NOS/SI* y a la enseñanza de *NOS/SI* (ver la reseña de Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a). La Figura 2 presenta el modelo de desarrollo profesional utilizado durante el Proyecto *ICAN* para mejorar el entendimiento de los docentes de *NOS/SI* y su conocimiento pedagógico sobre la enseñanza de *NOS/SI*. A través de las cuatro etapas del proyecto (i.e., orientación de verano, año académico, pasantía de investigación, e instituto de verano), los docentes se involucraron en varias actividades. La siguiente sección describe cada componente de este modelo de desarrollo profesional.

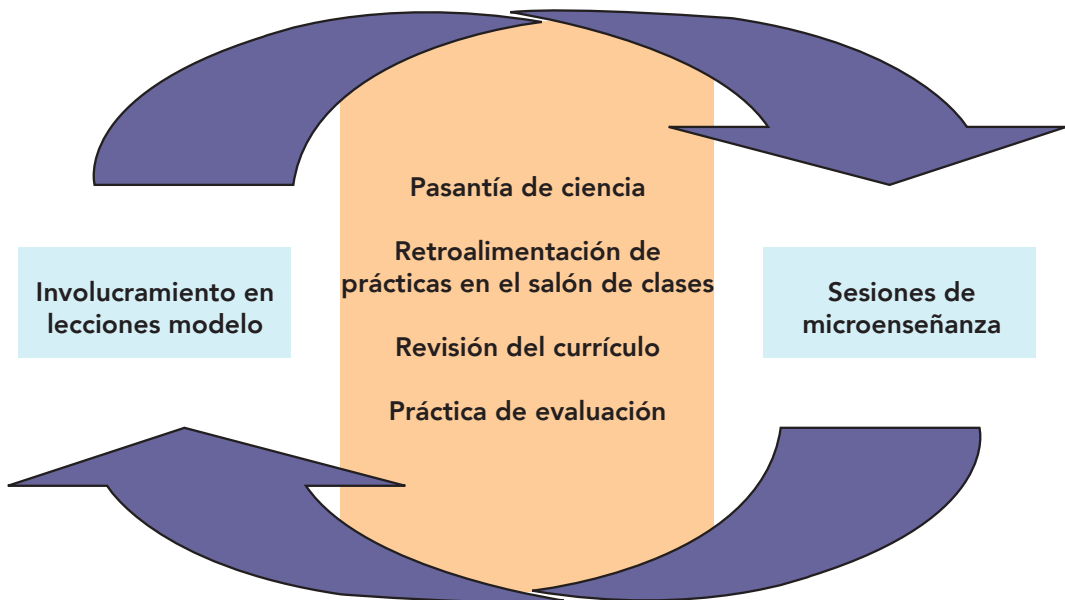


Figura 2. Modelo de Desarrollo Profesional para Mejorar el Entendimiento de los Docentes de *NOS/SI* y su Conocimiento Pedagógico para la Enseñanza de *NOS/SI*.

Involucramiento en lecciones modelo: El propósito de hacer que los docentes se involucren en lecciones modelo integradas con *NOS/SI* fue para ayudar a los docentes a comprender aspectos de *NOS/SI* y conseguir que comprendan las ideas de cómo enseñar *NOS/SI*. A través de las lecciones modelo el Proyecto *ICAN* promovió un enfoque explícito, reflexivo de enseñanza (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a). Por ejemplo, los docentes conocieron cómo la típica práctica de laboratorio sobre mitosis (en la que los estudiantes simplemente identifican y documentan la frecuencia relativa de las diferentes etapas de la división celular observando tejido de la punta de las raíces de cebolla) se puede enseñar integrando aspectos de *NOS* e indagación de una manera explícita (Lederman & Lederman, 2004).

Sesiones de Micro-enseñanza: Está claro que el conocimiento de los docentes sobre *NOS/SI* no se traduce de manera automática en prácticas y actividades de enseñanza en el salón de clases que promuevan el aprendizaje de los estudiantes sobre estos temas (Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998; Duschl & Wright, 1989; Hodson, 1993). Generalmente, los docentes no poseen el conocimiento pedagógico para transformar su conocimiento de *NOS/SI* en una enseñanza eficaz, tanto en ambientes formales como informales.

El Proyecto *ICAN* ayudó a los docentes a comprender las diferencias entre un enfoque de enseñanza de *NOS/SI* implícito y uno explícito, a través de una serie de lecciones modelo. Además, para mejorar el conocimiento de los docentes para enseñar *NOS/SI*, el Proyecto *ICAN* asignó tres lecciones de micro-enseñanza a los docentes.

La micro-enseñanza se refiere a la práctica de enseñanza entre pares en el salón de clase, en la cual los docentes planean y aplican lecciones a sus pares y reciben retroalimentación de ellos y de los instructores. Aunque la micro-enseñanza surgió en la década de 1960, cuando los formadores de docentes adoptaron la educación basada en competencias de la psicología conductual (Gage & Winne, 1975), sigue siendo un punto focal para mejorar el conocimiento pedagógico de los docentes en la mayoría de los programas de formación docente (Gess-Newsome & Lederman, 1990). Durante el Proyecto *ICAN* grupos de tres o cuatro docentes presentaron tres lecciones en reuniones mensuales en enero, mayo, y julio. Es decir, un equipo de docentes planeó y presentó una lección al resto de sus semejantes. La micro-enseñanza fue utilizada para dos propósitos. Primero, fue una herramienta para evaluar el conocimiento

pedagógico de los docentes para la enseñanza de *NOS/SI*. Segundo, algunas tareas de micro-enseñanza también fueron utilizadas como una intervención, junto con otras actividades, a lo largo del Proyecto *ICAN*. Esto proporcionó a los docentes la oportunidad de planear lecciones de *NOS/SI* e implementar su planeación, y para observar las presentaciones de sus pares dentro del contexto de diferentes contenidos de ciencia y enfoques de enseñanza. Los docentes también recibieron retroalimentación verbal y escrita de sus semejantes y de los autores (Lederman) después de cada lección de micro-enseñanza.

Práctica y retroalimentación en el salón de clase: El propósito de la reflexión en la formación de los docentes es para que éstos obtengan una comprensión más profunda de su práctica de enseñanza (Abell, Bryan, & Anderson, 1998). El ayudar a los docentes indagar sobre su propia enseñanza y pensar de manera crítica sobre su trabajo es importante para mejorar su práctica (Cater & Anders, 1996). Investigación sobre el desarrollo profesional de docentes reveló que los docentes con experiencia con frecuencia resisten el cambio e innovación (van Driel, Beijaard, & Verloop, 2001). Como una manera de reducir dicha resistencia, los docentes requieren compartir sus materiales curriculares y actividades, aprender de y con sus colegas (van Driel, Beijaard, & Verloop, 2001). Durante el año académico del Proyecto *ICAN*, cada mes se dio a los docentes una tarea de reflexión sobre la clase. Un protocolo de reflexión sobre la clase les requirió describir y evaluar una de sus lecciones enfocada a enseñar *NOS* y/o *SI*. En las reuniones mensuales, los docentes abordaron problemas sobre sus prácticas en clase y sus tareas de reflexión y las compartieron entre ellos. A los docentes también se les pidió que entregaran videos o audios de una de sus lecciones enfocadas a la enseñanza de *NOS* y/o *SI*. Los autores proporcionaron retroalimentación a los docentes sobre sus prácticas en clase al inicio de las reuniones mensuales.

Revisión del currículo: Una de las metas del Proyecto *ICAN* fue ayudar a los docentes a diseñar materiales didácticos orientados a *NOS/SI* o a revisar los materiales existentes. Como los ambientes de las escuelas y de los salones de clase de cada uno de los docentes fueron diferentes, era importante que ellos revisaran sus propios materiales para mejorar el contexto de sus escuelas y salones de clases (Akerson & Hanuscin, 2007). Además, la revisión del currículo estuvo íntimamente relacionada con las lecciones de micro-enseñanza que presentaron los docentes. Se motivó a los docentes a revisar sus propios materiales curriculares para integrar

temas de *NOS/SI* dentro del contexto de contenidos tradicionales de ciencia. Es decir, se les animó a evitar enseñar lecciones que abordaran sólo *NOS/SI* independientemente de la materia de estudio. Los docentes llevaron sus propios materiales curriculares a las reuniones mensuales. Primero, evaluaron que incluyeran aspectos de *NOS/SI* y luego, seleccionaron cinco actividades para revisarlas en términos de la didáctica de *NOS/SI*.

Práctica de evaluación: Los docentes normalmente no contemplan *NOS/SI* como un contenido que deben evaluar de la misma manera en la que evalúan los conocimientos de las otras materias (ej., fotosíntesis). La investigación muestra que los docentes carecen de recursos y de experiencia para evaluar el nivel de entendimiento de *NOS/SI* (Abd-El-Khalick et al., 1998). Como resultado, los docentes rara vez intentarán evaluar los aspectos de *NOS/SI*, aún después de haberlo incluido en las lecciones planificadas. Los docentes necesitan saber cómo evaluar el entendimiento de *NOS/SI* de los estudiantes en diferentes contextos (ej., contextos basados en desempeño, integración con contenido científico). Los docentes recibieron una variedad de instrumentos para evaluar el entendimiento propio sobre *NOS/SI* para, posteriormente, llevar a cabo una discusión de cómo evaluar *NOS/SI*. Luego se les pidió que desarrollaran reactivos de evaluación que pudieran utilizar con sus estudiantes en las lecciones que enseñarían. En cuanto a sus lecciones de micro-enseñanza, se les pidió que prepararan un plan específico para evaluar el entendimiento de *NOS/SI* de los estudiantes.

Procedimientos para recolección y análisis de datos

Entendimiento de *NOS/SI* de docentes y estudiantes: Los puntos de vista de los docentes de *NOS/SI* fueron evaluados por los instrumentos *Formato D Opiniones de la Naturaleza de la Ciencia* (*VNOS-D*, por sus siglas en inglés) y *Opiniones de Indagación Científica* (*VOSI*, por sus siglas en inglés). Ambos instrumentos son abiertos y evalúan los siguientes aspectos de *NOS* (Lederman, 2007):

- Indefinición
- Creatividad
- Observación e Inferencia
- Subjetividad
- Funciones y Relaciones de Teoría y Ley
- Integración Social y Cultural
- Base Empírica

Los aspectos de indagación científica (NRC, 2000) evaluados fueron:

- Todas las investigaciones científicas inician con una pregunta, pero no necesariamente prueban una hipótesis
- No existe un único juego y secuencia de pasos que se siguen en toda investigación científica (i.e., no hay un método científico único)
- Los procedimientos de indagación están guiados por la pregunta planteada
- Todos los científicos que realizan el mismo procedimiento pueden no obtener el mismo resultado
- Los procedimientos de indagación pueden afectar los resultados
- Las conclusiones de investigación deben ser consistentes con los datos recolectados
- Los datos científicos no son lo mismo que la evidencia científica
- Las explicaciones se desarrollan a partir de una combinación de datos recolectados y lo que ya se conoce

Los docentes completan los instrumentos pre y post de estos cuestionarios al inicio de la orientación de verano y al final del instituto de verano. También administran los instrumentos VNOS y VOSI que fueron modificados para estudiantes de primaria y secundaria, respectivamente, para una de sus clases al inicio (septiembre) y al final del año académico (junio). Vale la pena mencionar el esquema de análisis de datos de Puntos de vista sobre NOS/SI. El esquema de calificaciones para NOS fue el siguiente: 1) una respuesta que claramente refleja un punto de vista ingenuo de NOS/SI (1 punto); 2) una respuesta que refleja tanto puntos de vista ingenuos como informados de NOS/SI pero articulada mediocrementemente (2 puntos); 3) una respuesta que claramente refleja un punto de vista más informado de NOS/SI y que estuvo bien articulada (3 puntos). En este esquema, un punto de vista ingenuo se refiere a uno que es completamente inconsistente con concepciones contemporáneas de NOS/SI. En contraste, un punto de vista informado se refiere a uno que corresponde a puntos de vista contemporáneos de NOS/SI aceptados por filósofos de la ciencia, científicos, y educadores de la ciencia. Los resultados de cada año fueron combinados. Por tanto, los resultados de este informe presentan un resumen de todos los docentes de ICAN durante cinco años.

Conocimiento pedagógico de los docentes: El conocimiento pedagógico para la enseñanza de NOS/SI de los docentes fue evaluado a partir de sus lecciones de micro-enseñanza. En los años cuatro y cinco de ICAN, los grupos de docentes presentaron tres lecciones de micro-

enseñanza (en lugar de dos como en los años anteriores) durante el programa (i.e., en enero, mayo, y julio). Cada grupo de docentes también entregó una planeación para cada lección de micro-enseñanza. Todas las lecciones fueron grabadas en video para ser analizadas. El esquema de análisis de datos para los conocimientos pedagógicos de los docentes fue el siguiente: 1) *Implícito*: Esta manera de enseñar NOS y/o SI está relacionado con hacer ciencia y/o solamente con contenido científico. Las lecciones no incorporan cómo abordar las metas de NOS y/o SI, así que no hay un intento explícito de enseñar NOS y/o SI; 2) *Didáctico*: Los aspectos de NOS y/o SI se abordan didácticamente sin discusiones de reflexión sobre el significado de NOS y/o SI insertados en la actividad del salón de clase; y 3) *Explícito/Reflexivo*: Los aspectos de NOS y/o SI son abordados a través de un diálogo reflexivo con los estudiante mediante la creación de conexiones con sus actividades dentro de las lecciones.

RESULTADOS

Comprensión de los docentes sobre NOS

En general, la gran mayoría de docentes presentó una mejor comprensión sobre NOS (Tabla 2). En la prueba post, los docentes que tenían puntos de vista ingenuos de cada aspecto de NOS fueron menos del 10% comparado con un 30% en la prueba pre. El incremento en la frecuencia de docentes que tenían puntos de vista informados varió desde el 27% en el aspecto de observación vs. deducción, a 37% en el aspecto subjetivo de NOS. Con respecto al aspecto tentativo de NOS, el 48% de los docentes (vs. 17% de la pre-prueba) tuvieron puntos de vista informados. Los docentes destacaron cómo la nueva información y los nuevos puntos de vista juegan un papel en el desarrollo del conocimiento científico.

Calificación*	NOS tentativo		NOS creativo		Observación vs. inferencia		NOS subjetivo		NOS empírico	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Informado	17	48	30	64	49	76	28	65	50	83
Transitorio	49	47	40	26	25	21	38	37	36	14
Ingenuo	34	5	30	10	26	5	34	8	14	3
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 2. Porcentaje de cada calificación de los *Puntos de Vista de los Docentes* sobre NOS en las pruebas Pre y Post

Comprensión de los docentes sobre SI

Calificación*	Métodos múltiples		Interpretaciones múltiples		Datos vs. evidencia		Análisis de datos		Puntos de vista del experimento	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Informado	20	50	26	63	23	47	19	42	17	35
Transitorio	23	33	31	26	25	34	67	52	19	30
Ingenuo	57	17	43	11	52	19	14	6	64	35
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 3. Porcentaje de cada calificación de los *Puntos de Vista de los Docentes* sobre SI en las pruebas Pre y Post

Comprensión de los estudiantes sobre NOS

Los cuestionarios de los estudiantes de VNOS y VOSI fueron recolectados por 236 docentes. Como se mencionó anteriormente, el tamaño promedio de las clases de estos docentes fue de 22 y el promedio de clases que utilizaron para actividades del proyecto fue de cuatro. La población involucrada en el Proyecto ICAN fue de 23,000 estudiantes. Sin embargo, se pidió a cada docente sólo recolectar los cuestionarios pre y post de una de sus clases, por lo que se recolectaron y analizaron aproximadamente 5,700 cuestionarios de estudiantes para representar a la población. Después del programa, la mejora en los puntos de vista informados de los estudiantes sobre NOS varió de 8% en el aspecto tentativo de NOS a 21% en el aspecto subjetivo de NOS (Tabla 4), en la prueba post, cerca del 15% de los estudiantes pasaron de tener puntos de vista ingenuos sobre NOS a transitorios o informados, excepto para el aspecto empírico en el que pocos estudiantes tenían originalmente puntos de vista ingenuos. Se debe hacer notar que los resultados de la Tabla 4 fueron de estudiantes de preescolar a bachillerato. En general, la mejora en los puntos de vista de los estudiantes sobre NOS aumentó a medida que su grado escolar era mayor.

Calificación*	NOS tentativo		NOS creativo		Observación vs. inferencia		NOS subjetivo		NOS empírico	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Informado	3	11	5	21	27	44	19	40	47	65
Transitorio	64	73	51	48	36	31	36	33	43	28
Ingenuo	33	16	44	31	37	25	45	27	10	7
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 4. Porcentaje de cada calificación de los *Puntos de Vista de los Estudiantes* sobre NOS en las pruebas Pre y Post

Comprensión de los Estudiantes sobre SI

Después del programa, la mejora en los puntos de vista informados sobre SI de los estudiantes varió de 5% en el aspecto de análisis de datos, hasta el 20% en el aspecto de métodos múltiples (Tabla 5). Cerca del 20% de los estudiantes cambió de punto de vista de ingenuo a transitorio o informado sobre SI. De forma similar a lo que ocurrió con NOS, los estudiantes de los grados superiores mostraron una mayor mejora en sus puntos de vista sobre SI.

Calificación*	Métodos múltiples		Interpretaciones múltiples		Datos vs. evidencia		Análisis de datos		Puntos de vista del experimento	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Informado	6	26	13	33	13	29	5	10	5	17
Transitorio	39	33	29	36	24	30	35	34	26	34
Ingenuo	55	41	58	31	63	41	60	56	69	49
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 5. Porcentaje de cada calificación de los *Puntos de Vista de los Estudiantes sobre SI* en las pruebas Pre y Post

Conocimiento pedagógico de los docentes sobre NOS/SI

	Primera micro-enseñanza			Segunda micro-enseñanza			Tercera micro-enseñanza		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Primaria	4	2	0	1	2	4	0	1	5
Secundaria	4	1	2	1	4	2	0	2	4
Total	8	3	2	2	6	6	0	3	9

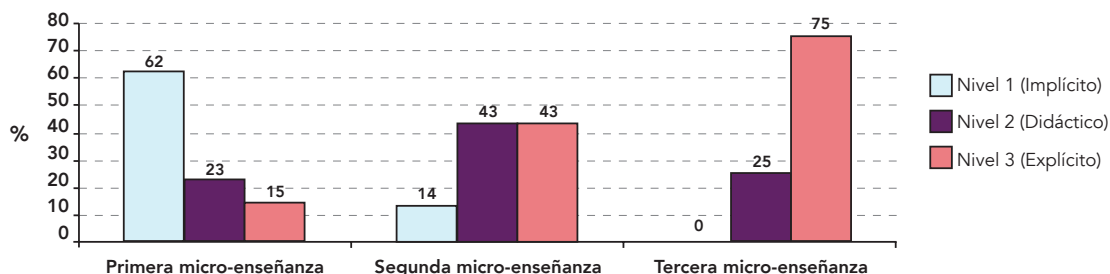


Figura 3. Cambios de enfoques de enseñanza de implícito a didáctico y a explícito-reflexivo a través de tres sesiones de micro-enseñanza

La Figura 3 muestra cómo los docentes de ICAN cambiaron sus lecciones de Nivel 1 (Implícito) a Nivel 2 (Didáctico) y a Nivel 3 (Explícito).

Los docentes inicialmente adoptaron la enseñanza implícita de NOS/SI en la cual los estudiantes (compañeros docentes en el contexto de micro-enseñanza) sólo participaron en realizar actividades sin discutir NOS/SI. Cerca del 60% (8 de 13) de los grupos de docentes presentaron lecciones de Nivel 1 en la primera práctica de micro-enseñanza.

En la segunda sesión, la frecuencia de lecciones de Nivel 1 disminuyó a 14% (2 de 14), y tanto las lecciones del Nivel 2 como del Nivel 3 aumentaron a 43% (6 de 14).

Finalmente, durante la tercera sesión de micro-enseñanza, 75% (9 de 12) y 25% (3 de 12) de los grupos de docentes ICAN presentaron lecciones de Nivel 3 y Nivel 2, respectivamente. No se identificaron lecciones de Nivel 1. El cambio de seis grupos (43%) en el Nivel 3 en la segunda sesión de micro-enseñanza a nueve grupos (75%) indica que del orden de 30% de los docentes mejoraron sus conocimientos pedagógicos de enseñanza de NOS/SI.

Los resultados indican que, mediante tres sesiones de micro-enseñanza, los docentes mejoraron su conocimiento pedagógico de cómo enseñar aspectos de NOS/SI. Claramente vincularon lo que los estudiantes realizaron en las lecciones con la práctica científica real. Los docentes no sólo encontraron oportunidades para integrar NOS/SI en sus lecciones, sino que expusieron intencionalmente a los estudiantes a ciertas actividades para que tuvieran la oportunidad de discutir explícitamente sobre NOS/SI.

DISCUSIÓN E IMPLICACIONES

La investigación presentada proporciona un claro ejemplo de cómo desarrollar capacidades en los docentes para atender NOS/SI a través del desarrollo profesional sistemático, basado en investigación. Un aspecto de particular importancia es que el Proyecto ICAN es prácticamente el único esfuerzo que ha incluido el conocimiento de los docentes, sus prácticas y el aprendizaje de los estudiantes en un solo esfuerzo. Los resultados del estudio indican que el proyecto ICAN ayudó significativamente a los docentes a mejorar su comprensión sobre NOS y SI y su conocimiento pedagógico para la enseñanza de NOS y SI. Con respecto a NOS, los logros porcentuales de los docentes sobre puntos de vista informados

para cada aspecto de *NOS* variaron desde 27% a 37%, comparando la prueba pre y post. Alrededor del 90% de los docentes desarrollaron puntos de vista ya sea transitorios o informados para cada aspecto de *NOS* y sólo el 10% de los docentes o menos conservaron puntos de vista ingenuos para cada aspecto de *NOS*. Similarmente, un número importante de docentes, variando desde 18% a 37%, cambiaron de puntos de vista ingenuos o transitorios de cada aspecto de *SI* a puntos de vista más informados.

El análisis de los datos de los estudiantes indica que, aunque el proyecto *ICAN* no tuvo tanta influencia en la comprensión de los estudiantes de *NOS* y *SI* como en el caso de los docentes, se registró una clara mejora de los puntos de vista de los estudiantes. El porcentaje de mejora en los puntos de vista informados de cada aspecto de *NOS* varió de 8% a 21% y para *SI* de 5% a 20%. Aunque sólo cerca de una tercera parte de los estudiantes tuvieron puntos de vista informados de *NOS* y *SI*, este nivel de mejora es considerable y prometedor. También es importante destacar que los estudiantes en pocas ocasiones cambien del nivel ingenuo al informado de manera inmediata. Lo común es que ellos mejoren de ingenuos a transitorios y de transitorios a informados. Se requiere una intervención a largo plazo para obtener un cambio sustancial en los puntos de vista de los estudiantes sobre *NOS* (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). La duración del Proyecto *ICAN* para los estudiantes en realidad sólo fue de un año, por lo cual no se podía esperar que el impacto de mejora en la comprensión sobre *NOS* y *SI* de los docentes y sus habilidades pedagógicas mejoraran de inmediato la comprensión de *NOS* y *SI* de los estudiantes. Sin embargo, hacia el final del proyecto, fue claro que los docentes eran capaces de proporcionar a sus estudiantes una enseñanza explícita sobre *NOS/SI*.

El análisis de las lecciones de micro-enseñanza de los docentes indica que, durante su primera lección de práctica, el 80% de los grupos de docentes no eran capaces de desarrollar una planeación de las lecciones y llevar a cabo su aplicación utilizando un enfoque explícito sobre *NOS/SI*. Los docentes no abordaron ni enseñaron explícitamente aspectos específicos de *NOS* y/o *SI*. Sin embargo, en la tercera lección, el 75% de los grupos de docentes llevaron a cabo una enseñanza explícita sobre *NOS/SI* (Nivel 3). Incorporaron discusiones explícitas y reflexivas sobre aspectos de *NOS/SI* en su enseñanza del conocimiento de contenidos tradicionales. Aunque pareció ser una tarea difícil el implantar una enseñanza explícita sobre *NOS/SI*, 25% de los grupos de docentes

permanecieron como didácticos (Nivel 2), mientras que ninguno de los grupos siguió el enfoque implícito (Nivel 1) al llegar a la tercera lección. Del análisis de las lecciones de micro-enseñanza de los docentes, la mejora del Nivel 1 al Nivel 2 y al Nivel 3, parece ser una progresión en el desarrollo del conocimiento pedagógico para la enseñanza de *NOS/SI*. Hay dos cambios críticos que deben ocurrir para poder implementar la enseñanza explícita de *NOS/SI*.

Primero, los docentes deben tomar en cuenta que la enseñanza explícita es más efectiva que la implícita. A pesar de que desde el inicio se proporcionaron a los docentes varias actividades y explicaciones de la diferencia entre la enseñanza explícita e implícita de *NOS/SI*, en la primera sesión de micro-enseñanza, el 62% los grupos de docentes llevaron a cabo una enseñanza implícita, lo que resulta consistente con hallazgos previos (Abd-El-Khalick et al., 1998). Inicialmente, los docentes creían que los estudiantes podían aprender sobre *NOS/SI* con tan sólo hacer ciencia (Abd-El-Khalick et al., 1998).

Segundo, los docentes necesitan estar conscientes que un enfoque de enseñanza explícita centrado en los estudiantes (Nivel 3) es más efectivo que un enfoque didáctico (Nivel 2). En la segunda sesión de micro-enseñanza pocas lecciones fueron clasificadas como implícitas (Nivel 1). La mayoría de los docentes se dieron cuenta de que habían utilizado un enfoque implícito de enseñanza durante la primera sesión de micro-enseñanza. Sin embargo, para algunos de los docentes, el haber identificado este enfoque implícito no fue suficiente para que establecieran la enseñanza explícita de *NOS/SI*. Muchos de los grupos que utilizaron enseñanza implícita en la primera sesión de micro-enseñanza adoptaron un enfoque didáctico en la siguiente sesión. Esto significa que su intención era enseñar *NOS* explícitamente, pero no lograron abordar los aspectos clave de la enseñanza explícita de *NOS/SI* recomendados por el Proyecto *ICAN*. Al final de la lección I a cabo una breve discusión didáctica sobre *NOS/SI*, en lugar de una conservación reflexiva e interactiva con los estudiantes.

El modelo de conocimiento de contenido pedagógico (*PCK* por sus siglas en inglés) para *NOS* (Schwartz & Lederman, 2002) define que este modelo para el docente es la integración del conocimiento sobre *NOS*, el conocimiento del contenido de la materia o asignatura y el conocimiento pedagógico. El desarrollo progresivo del conocimiento pedagógico en el presente estudio sustenta el modelo *PCK* para *NOS*. El conocimiento

pedagógico específico *NOS* deberá contemplar que el docente conozca la diferencia entre un enfoque implícito y uno explícito y la diferencia entre uno didáctico y uno explícito-reflexivo.

Los resultados actuales apoyan la efectividad de un enfoque explícito para enseñar sobre *NOS* y *SI* y del modelo de enseñanza del conocimiento de contenido pedagógico de *NOS* y *SI* (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000a; Akerson, Abd-El-Khalick, & Lederman, 2000; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Moss, Abrams, & Robb, 2001; Ryder, Leach, & Driver, 1999). Sin embargo, se debe enfatizar que el análisis de lecciones de micro-enseñanza claramente indica que involucrar a los docentes en actividades de enseñanza explícita *NOS/SI* no necesariamente garantiza que los docentes puedan llevar a cabo la enseñanza explícita *NOS/SI*. El modelo de desarrollo profesional mostrado en la Figura 2 parece ser exitoso en ayudar a los docentes a transitar de la instrucción implícita a la explícita para *NOS* y *SI*.

Por consiguiente, el solicitar a los docentes que formulen un plan para evaluar la comprensión o el entendimiento de *NOS/SI* de los estudiantes contribuya a enfatizar que *NOS/SI* debe ser un resultado cognitivo (Bell et al., 2000), y a diagnosticar sus conocimientos sobre *NOS/SI* y sobre contenido pedagógico específico de *NOS/SI*.

Los resultados del Proyecto *ICAN* indican que los docentes mejoraron la enseñanza de *NOS/SI* como lo evidencian las tres lecciones de micro-enseñanza. Se volvieron competentes en vincular lo que los estudiantes hicieron en sus lecciones con lo que hacen los científicos, ilustrando ciertos aspectos de *NOS* y *SI*. No sólo encontraron oportunidades para integrar *NOS/SI* de las actividades de los estudiantes en sus lecciones, sino también intencionalmente expusieron a los estudiantes a ciertas situaciones de hacer ciencia, lo cual generó discusiones significativas sobre los aspectos de *NOS* y/o *SI*. No nos sorprende que la diferencia entre observaciones e inferencias fuera el aspecto más frecuente de *NOS* que abordaron los docentes, como resultado de vincular aspectos de *NOS/SI* con hacer ciencia. Diez de 17 lecciones de Nivel 3 incluyeron este aspecto. Los docentes pueden haberse sentido cómodos al incorporar este aspecto de *NOS* en sus lecciones debido a que el hacer observaciones e inferencias son características comunes de cualquier investigación y de muchos currícula de ciencia.

Implicaciones para el desarrollo profesional

Los hallazgos del Proyecto ICAN implican que los programas de desarrollo profesional deberán proporcionar a los docentes varias oportunidades para planear y aplicar lecciones sobre aspectos de *NOS* y *SI*. Las sesiones de micro-enseñanza pueden ser una estrategia significativa para mejorar el conocimiento de contenido y el conocimiento pedagógico de los docentes sobre *NOS* y *SI*.

Aunque se condujo a los docentes a través de actividades explícitas *NOS/ SI* diseñadas para ayudarles a mejorar su entendimiento y proporcionarles lecciones modelo para explicar cómo enseñar sobre *NOS* y *SI* de una manera explícita, el 60% de los grupos de docentes no abordaron explícitamente aspectos de *NOS* y/o *SI* en su primera lección de micro-enseñanza. De hecho, ellos creían que estaban enseñando exitosamente *NOS* y *SI*. Por lo tanto, los programas de desarrollo profesional deberán ayudar a los docentes a reconocer su enfoque implícito de enseñanza a través de sesiones de micro-enseñanza o de lecciones desarrolladas en situaciones reales de clase.

Sin embargo, se debe enfatizar de nuevo que el reconocer un enfoque explícito de enseñanza no garantiza que un docente desarrolle la habilidad de proporcionar exitosamente instrucción explícita de *NOS* y *SI*. A menos que los docentes sepan cómo ayudar a los estudiantes a reflexionar sobre el aspecto clave de *NOS* y *SI*, pueden acudir a un enfoque didáctico de enseñanza sobre *NOS* y *SI*. Al comparar su propia práctica con otras, los docentes parecieron aprovechar las sesiones de micro-enseñanza con grupos de colegas para captar cómo enseñar explícitamente *NOS* y *SI*.

Además de la importancia de las sesiones de micro-enseñanza, se deben diseñar los programas de desarrollo profesional de larga duración. El desarrollo profesional corto tipo campamento de verano de un par de semanas, dudosamente será exitoso. No es un camino corto para los docentes el cambiar su entendimiento de *NOS* y *SI*, así como su habilidad de comunicar su entendimiento a los estudiantes (Akerson & Hanuscin, 2007). Al final del año, la comprensión de ciertos aspectos *NOS* y *SI* de algunos docentes ICAN aún era limitada, y el 25% de los grupos de docentes no fueron capaces de exhibir enseñanzas explícitas sobre *NOS* y *SI*, aunque si cambiaron de enseñanzas implícitas a didácticas.

REFERENCIAS

- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000a). Improving science teachers' conceptions of the nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000b). The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1057-1095.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Abell, S. K., Bryan, L. A., & Anderson, M. A. (1998). Investigating preservice elementary science teacher reflective thinking using integrated media case-based instruction in elementary science teacher preparation. *Science Education*, 82(4), 491-509.
- Akerson, V. L., & Abd-El-Khalick, F. (2003). Teaching elements of nature of science: A yearlong case study of a fourth-grade teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1025-1049.
- Akerson, V. L., & Hanuscin, D. L. (2007). *Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program*. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 295-317.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy: A Project 2061 report*. New York: Oxford University Press.
- Bell, R. L., Lederman, N.G., & Abd-El-Khalick, F. (2000). Developing and acting upon one's conception of the nature of science: A follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 563-581.
- Bianchini, J. A., & Colburn, A. (2000). Teaching the nature of science through inquiry to prospective elementary teachers: A tale of two researchers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 177-209.
- Bodanis, D. (2000). *E = mc²: a biography of the world's most famous equation*. New York: Berkley Books.
- Brickhouse, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62.
- Brickhouse, N.W., & Bodner, G.M. (1992). The beginning science teacher: Classroom narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 471-485.
- Carter, K., & Anders, D. (1996). Program pedagogy. In F. B. Murray (Ed.), *The teacher educator's handbook: Building a knowledge base for the preparation of teachers* (pp. 557-592). San Francisco: Jossey-Bass.
- Central Association for Science and Mathematics Teachers. (1907). A consideration of the principles that should determine the courses in biology in secondary schools. *School Science and Mathematics*, 7, 241-247.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Bristol, PAnswer: Open University Press.
- Duschl, R. A., & Wright, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 467-501.

- Feynman, R. (1969). What is science? *The Physics Teacher*, 7(6), 313-320.
- Gage, N. and Winne, P. (1975). Performance-based teacher education. In K. Ryan (Ed.) *Teacher Education*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gallagher, J. (1989). Research on secondary school science practices, knowledge, and beliefs: A basis for restructuring. In M. Matyas, K. Tobin, & B. Fraser, (Eds.), *Looking into windows: Qualitative research in science education*. Washington, D. C.: American Association for the Advancement of Science.
- Gallagher, J.J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75, 121-133.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N.G. (1990). The preservice microteaching course and science teachers' instructional decisions: A qualitative analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(8), 717-726.
- Hodson, D. (1993). Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences and children's understanding of science: Some preliminary findings. *Interchange*, 24, 41-52.
- Khishfe, R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 551-578.
- Lantz, O., & Kass, H. (1987). Chemistry teachers' functional paradigms. *Science Education*, 71, 117-134.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions about the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 916-929.
- Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In W. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 83-126). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
- Lederman, N. G., & Lederman, S. J. (2004). Revising instruction to teach nature of science. *The Science Teacher*, 71(9), 36-39.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. (2002). Views of nature of science questionnaire (VNOS): Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521.
- Lederman, N. G., Schwartz, R. S., Abd-El-Khalick, F., & Bell, R. L. (2001). Preservice teachers' understanding and teaching of the nature of science: An intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 1, 135-160.
- Lederman, N.G. (1986). Relating teaching behavior and classroom climate to changes in students' conceptions of the nature of science. *Science Education*, 70(1), 3-19.
- Lederman, N.G. (1995). Searching on the nature of scientific thought: Are we anchoring curricula in quicksand? *Science & Education*, 4, 371-377.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Mahwah, NJ:Lawrence Erlbaum Associates.

- Lederman, N.G., & Druger, M. (1985). Classroom factors related to changes in students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), 649-662.
- Lederman, N.G., & Zeidler, D.L. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teacher behavior? *Science Education*, 71(5), 721-734.
- Marx, R., Blumenfeld, P., Krajcik, J., Blunk, M., Crawford, B., Kelly, B., & Meyer, K. (1994). Enacting project-based science: Experiences of four middle grade teachers. *The Elementary School Journal*, 94, 517-538.
- McComas, W. F., Almazroz, H., & Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: an introduction. *Science and Education*, 7, 511-532.
- Moss, D. M., Abrams, E. D., & Robb, J. (2001). Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 23(8), 771-790.
- National Academy of Science (1998). *Teaching about the evolution and the nature of science*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academic Press.
- Project of Inquiry, Context, and Nature of Science (ICAN) (2010). The Project ICAN Website. <http://msed.iit.edu/projectican/> (accessed September, 2010).
- Robinson, J. T. (1969). Philosophy of science: Implications for teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*, 6, 99-104.
- Roth, W.-M., & Lucas, K.B. (1997). From "Truth" to "Invented Reality": A discourse analysis of high school physics students' talk about scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 145-179.
- Rutherford, J. F. (1964). The role of inquiry in science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(2), 80-84.
- Ryan, A. G., & Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Ryder, J., Leach, J., & Driver, R. (1999). Undergraduate Science Students' Images of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 201-219.
- Schwartz, R. S., & Lederman, N. (2008). What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. *International Journal of Science Education*, 30(6), 727-771.
- Schwartz, R.S., Lederman, N.G., & Crawford, B. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.
- Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. (2002). "It's the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.
- Shapiro, B. L. (1996). A case study of change in elementary student teacher thinking during an independent investigation in science: learning about the 'face of science that does not yet know.' *Science Education*, 80, 535-560.
- Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C., & Hennessey, M. G. (2000). Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on their epistemological development. *Cognition and Instruction*, 18(3), 349-422.

-Tobin, K. G., Kahle, J. B., Fraser, B. J. (Eds.) (1990). *Windows into Science Classrooms: Problems Associated with High-Level Cognitive Learning*. London: The Falmer Press.

-van Driel, J. H. & Beijaard, D., & Verloop, N. "Professional Development and Reform in Science Education: The Role of Teachers' Practical Knowledge", *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (2), 137-158, (2001).

-Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Ed), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan.

-Zeidler, D.L., & Lederman, N.G. (1989). The effects of teachers' language on students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(9), 771-783.

.....
La Enseñanza de la Ciencia en la Educación Básica

Antología sobre Indagación

Formación docente

El ejemplar impreso se terminó de imprimir el 29 de diciembre de 2017

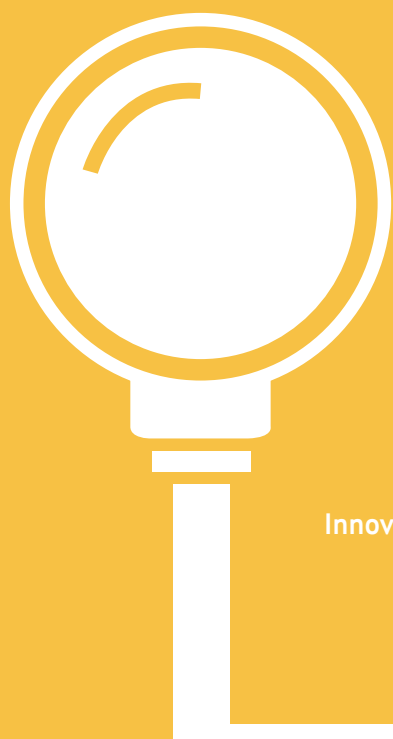
en Comersia Impresiones S.A. de C.V.,

Insurgentes Sur No. 1793 int. 207. Col. Guadalupe Inn.

Del. Álvaro Obregón. C.P. 01020. Ciudad de México.

www.comersia.com.mx

El tiraje constó de 500 ejemplares.



Innovación en la Enseñanza de la Ciencia, A.C.
San Francisco 1626 int. 705
Del Valle, 03100
Benito Juárez. Ciudad de México
Tel. (55) 5200 0585
www.innovec.org.mx

ISBN 978-607-96833-9-9